

PHILOSOPHIAE UNIVERSAE INSTITUTIONES

AD USUM

SCHOLARUM TOTIUS ORDINIS

FRATRUM MINORUM

TOMUS V.

PHYSICAE INSTITUTIONES

AD USUM

SCHOLARUM TOTIUS ORDINIS FRATRUM MINORUM

ELUCUBRATAE

AB A. R. P. ALOYSIO AB AVILIANO

EJUSDEM ORDINIS

PROVINCIAE STRICTIORIS OBSERVANTIAE IN LUCANIA
JAM MINISTRO, ET STUDIORUM PRAEFECTO.



TOMUS II.

PHYSICAM PARTICULAREM

COMPLECTENS

Editio secunda auctior et emendatior.



NEAPOLI
EX TYPOGRAPHEO FIBRENIANO
MDCCCLII



PHYSICAE

PARS ALTERA

PHYSICA PARTICULARIS



469. **P**ERPENSIS in superiori Volumine tum materiae proprietatibus generalioribus, tum legibus omnibus, quibus corpora generatim suos motus expediunt, harmoniamque mirabilem in mundano systemate producunt; tempus est, ut ad contemplanda praecipua phaenomena, quae a peculiaribus quibusdam caussis suam trahunt originem, nunc animum adjiciamus. Permulta haec quidem sunt, si seorsim spectentur; attamen hic apud recentiores invaluit mos, ut in Physicae ditionem nonnisi ea ingrediantur, quae tribus *principiis imponderabilibus*, *calorico* scilicet, *luci*, *ac fluido electrico* (ad quod, ex recentissimis observationibus et experimentis, *fluidum magneticum* reducitur), suam debent existentiam. Quare in hac *altera Physicae parte*, quam idcirco *Particularem* appellandam esse diximus (6), de iis tantum consueta brevitate loquemur. Omnem idcirco hanc Tractationem Sectiones tres absolvent, in quarum prima *Calorici* phaenomena ad examen revocabimus; in altera *Lucem* contemplabimur, Opticamque evolvemus; in tertia denique *Magnetismum* atque *Electricitatem* expendemus. His absolutis, *tertiam Physicae partem* exponemus, in qua de praecipuis magnis phaenomenis, quae super Terra, in aere, et in coelo locum habent, per summa capita sermo erit; id quod duabus in Sectionibus expediemus, quarum altera *Meteorologiam*, altera vero *Cosmographiam* complectetur.

SECTIO I

DE CALORICO

470. Inter varia, quibus natura in suis phaenomenis vel producendis, vel moderandis utitur, principia, praecipuum nobis videtur *Ignis*, seu *Caloricum*. Quamvis vero permulti ejus effectus jugiter nostris sensibus obversentur in quotidianis vitae usibus; et nulla fere sit ars, vel opificium, quod ejus interventu non conficiatur, aut magnopere adjuvetur, ingenue tamen prima fronte fatendum, ejus intimam naturam nobis esse adhuc prorsus incompertam; ita ut in ea definienda in diversas Physici et Chemici tum veteres, tum maxime recentiores, abierint sententias. Alii enim post Newtonum, *emanationis*, ut ajunt, *systemati* inhaerentes, illud ut materiam *sui generis* considerant, peculiaribus proprietatibus praeditam, a cujus majori, vel minori quantitate in corporibus existente fit ut horum atomi nunc a se invicem sejungantur, nunc magis ad invicem accedant. Alii vero post Cartesium, Hugenium, Leibnitium, ac Eulerum, quibus *vibrationum systema* magis arridet, non ut peculiarem materiam, sed ut universae materiae proprietatem, sive affectionem, quae in *motu vibratorio aetheri universali communicato* consistit, illud considerandum esse putant. Alii alia sentiunt: omnesque hypotheses hucusque a Physicis excogitatae magis minusve feliciter phaenomenis explicandis inserviunt, sed non omnia in ipsis inveniuntur, quae tuto affirmari possint. Attamen quum in re tam difficili, et implicata aliquid admittendum sit; quumque systemata in scientiis nihil aliud utilitatis afferant, nisi quod phaenomena ad quasdam classes ita redigantur, ut uno intuitu percipi possint; hinc asserere non dubitamus, tum quotidianis phaenomenis, tum celebriorum Physicorum menti magis consentaneum videri, ut, quamvis non longe sit dies, quo forsan *omnia imponderabilia* ex unico principio *diversorum motuum, qui aetheri universali* imprimuntur, sint explicanda, in praesenti tamen Scientiae statu *caloricum* pro materia *sui generis* sit habendum, tenuissima, fluidissima, maxime elastica, ideoque inter caeteras activissima, quae corpora quaecumque facile pervadens, iisdem immutandis summopere inservit.

471. At quaenam erit hujus calorici natura? Sicut veteres lucem et caloricum ad unam simplicemque *Ignis* substantiam reducebant; ita hodie non parva Physicorum pars, caloricum et lucem ad *unam eandemque substantiam*, *chemice* tamen *heterogeneam*, referunt: id autem ex eo repetunt, quod in obviis quibusque phaenomenis lux atque caloricum fere consociata manifestantur. Quod si quandoque

lux sine calorico appareat, ut in radiis Lunae concavo speculo collectis, in animantibus noctilucis, in phosphorescentibus corporibus etc.; et aliquando caloricum sine luce, ut in aqua ebulliente, in ligno perfricato, in ferro calefacto etc.; id inde oriri autumant, quod haec corpora tali constitutione naturali donantur, ut alia in quibusdam circumstantiis ostendant partem lucidam potius, quam caloriferam, alia vero ostendant partem caloriferam potius, quam lucidam. Praeterea, ajunt laudati Physici, ex recentioribus Chemicorum experimentis constat, easdem lucis proprietates calorico competere, uti sunt leges reflexionis, refractionis, diffractionis, interferentiae, polarisationis; minimae vero discrepantiae, quae inter ipsa deprehenduntur, eae sunt, quae forte ulterioribus experimentis tolli poterunt; hinc cum Biot censent, absque contradictione dici posse, emanationes calorificas esse *lucem obscuram*, et emanationes lucis esse *caloricum luminosum* (1). At nostrum non est tantas componere lites.

472. Quidquid itaque de calorici natura sentiatur, id in primis notandum nobis venit, ejus praesentiam nobis potissimum in ea sensatione se se prodere, qua organum tactus afficitur, ubi manum, vel aliam quamlibet corporis nostri partem corporibus *ignitis*, actuali scilicet exustione detentis, admoveamus. Sensatio isthaec dicitur *calor*; ejus vero caussa a veteribus Physicis vocabatur *Ignis*, *Fluidum Igneum*, *Ignis materia*; a recentioribus vero, postquam nova Chemiae nomenclatura fuit invecta, *Caloricum* appellata fuit. Inter *calorem* itaque et *caloricum* illud est discriminis, quod ille effectum, seu sensationem, istud vero illius caussam designet; quamvis ab aliquibus saepe utraque appellatio indiscriminatim usurpetur.

473. Caloricum non in corporibus organicis solum, verum etiam in non organicis suum exercet imperium: videmus enim glaciem liquefieri, aquam ebullire, ferrum incandescere; quae, et alia omnia ejusdem generis phaenomena, ex aliqua caussa procedant, necesse est; eaque, ut sensus nostri testantur, nonnisi *caloricum* esse potest. De eo itaque, ut horum omnium phaenomenorum caussa, in quatuor Capitibus tractationem instituemus, prout quatuor sunt classes, ad quas omnia haec phaenomena reduci possunt; et in primo quidem de ejusdem fontibus loquemur: in secundo de ejus diffusione a suis fontibus ad corpora, quae illud recipere valent, et ab his ad alia; ubi etiam de legibus, quibus haec ipsius diffusio tam in spatio, quam in corporibus peragitur, verba faciemus: in tertio de ipsius effectibus tam in sensibus nostris, quam in corporibus, quibus per varios intensitatis gradus communicatur; unde fit, ut hos gradus metiri possimus: in quarto deinque de ipsius intima re-

(1) Vide Pianciani Instituz. Fis. Chim. Vol. 2. n. 746, et seq.

latione cum materiae atomis, seu de diversa capacitate, quam corpora habent, caloricum recipiendi. His quintum, veluti appendicem, adjiciemus, in quo phaenomena de Calore Animali breviter expendemus.

CAPUT PRIMUM

DE CALORICI FONTIBUS

474. Etsi caloricum omnia corpora penetret, atque pervadat; inter haec tamen permulta sunt, quae majorem ejus quantitatem continent, ita ut illud aliis corporibus communicare queant. Haec sunt, quae *calorici fontes* vocantur. Praenotandum autem, nonnisi respectu ad corpus nostrum quaedam corpora dici *calorifera*, quaedam vero *frigorifera*: sensationes enim caloris, et frigoris, quas experimur, non aliunde ortum habent, quam ex eo quod in priori casu corpus nostrum cum alio corpore comparatur, quod majori calorici quantitate donatum est; in posteriori vero relationem habet ad corpus, quod minori, quam ipsum, calorici copia gaudet. Etiam corpora quae *frigida* vocamus, non sunt calorici expertia; alioquin duo corpora, unum alio magis frigidum, dari non possent, quum tamen contrarium experientia testetur. Corporis humani temperies itaque est *limes mobilis* caloris, vel frigoris in corporibus existentis; omnia autem, quae hac super re judicia feruntur, a jugi et continuo habitu vires accipiunt, ac firmantur.

475. Porro praecipuae caussae, ex quibus caloricum gignitur, seu praecipui calorici *fontes* ad quinque reduci possunt; suntque 1.° *Sol*; 2.° *quaedam ignis primordialis species, quae in terrae visceribus residere videtur;* 3.° *actiones mechanicae,* uti sunt percussio, pressio, confricatio, etc.; 4.° *chemicae operationes;* 5.° denique *actiones electricae.*

476. Solem esse primarium, ac uberrimum calorici fontem, res est omnibus notissima; ex ipsius namque calore omnis rerum natura motum vitamque recipit. Quantitas tamen calorici ab ipso excitati non semper eadem invenitur, sed varia existit pro locorum ac temporum diversitate, nempe pro varia terrae positione relative ad Solem. Hinc polares regiones, in quas radii Solares obliquissime incidunt, glacie sunt semper concretae; regiones vero sub aequatore positae, torridae semper existunt, utpote radiis Solis ad perpendiculum in ipsas incidentibus jugiter subjectae. Meteorologistae calorici quantitatem unius anni intervallo a Sole super Telluris globum emissam adposito apparatu dimetiri solent: ex hujusmodi autem investigationibus intulerunt, Solem unius anni curriculo eam calorici quantitatem emittere, qua glaciei stratum, quod in tota Tel-

luris superficie ad 14 metr. altitudinem se extolleret, liquefieri posset.

477. In ipsa Telluris massa, ac praecipue in ejus centro, velut in propria sede, quamdam primordialis calorici quantitatem residere, quorumdam veterum fuit opinio: hanc opinionem progressu temporis, modo admiserunt, modo rejecerunt Physici: nostris vero diebus innumerae observationes experientia firmatae ad hanc veritatem constabiliendam concurrunt. Et sane, ex temperatura aquae ex *puteis Artesianis* scaturientis, cujus calor augetur prout profundius in Terrae visceribus excavantur; et ex ejusdem Terrae temperatura thermometro in profundioribus fodinis mensurata, luculenter deducitur, ejus temperiem toties uno gradu augeri, quoties per 25 aut 30 metra versus terrae centrum pergitur (1); ac proinde in hoc centro residere quamdam primigenii calorici quantitatem, quae tamquam residuum illius calorici spectari posset, quo Tellus, ex quorumdam naturalistarum opinione, in sua origine ita praedita fuit, ut materiae liquescentis massa, quae illam constituebat, solida versus superficiem, ob jugem calorici jacturam, sensim evasit.

478. *Actiones mechanicae*, ex quibus innumera calorici quantitas evolvitur, sunt *percussio*, *confricatio*, *pressio* corporum, et aliae hujusmodi operationes. Et re quidem vera, cuique notissimum est, metalla supra incudem frequentibus mallei ictibus *percussa* adeo calescere, ut sulphur, et pulverem pyrium incendere valeant: et quo duriora sunt, ampliorem calorici quantitatem emittere; chalybs namque, caeteris paribus, sub eodem ictuum numero, magis calescens evadit, quam ferrum; hoc magis, quam plumbum. Hoc principio nititur ille agricolarum usus, quo in brumali frigore percutiendo manibus et brachiis proprium corpus, caloricum excitant. Inde etiam evenit, ut tympani membrana diu baculo vel manu pulsata calefit: et fabri ferrarii ignem sibi comparant ferrum super incudem percutiendo. Corporum *confricationem*, ac *pressionem* ut calorici fontem uberrimum agnoscendam esse, obvia res est; manus enim confricamus, ubi eas calefacere cupimus; axes rotarum in curribus, vel aliis machinis celerrime motis calefiunt, et saepe incenduntur; quapropter ad hunc attritum minuendum oleo, vel aqua illini solent. Terebra chalybea in ligno celeriter circumacta; serra, aut lima per durum lignum adacta, vehementer incalescunt. Duae arundines *Hispanicae* dictae, nulla lacca obductae, noctu secundum suam longitudinem oblique confricatae, scintillas edunt. Funis truncum arboris complexu suo excipiens per quoddam temporis intervallum motu alterno tractus, et retractus, flammam tandem aperte producit; hinc quidam Indi in sylvis vitam agentes et

(1) Vide Pouillet Elem. Phys. Lib. VIII. C. I. n. 311

ferri varios usus ignorantes, lignum *bambou* durissimum, non modo ad armorum usum, sed ad ignem quoque excitandum adhibere jamdiu solent. Praeterea aliquando in sylvis a vento agitatis talis est in siccis ramis arborum se terentium affrictus, ut incendium excitetur. Chalybs in aperto aere silici allisus, vividissimas scintillas emittit, quae super corpus siccum combustibile incidentes, combustionem gignunt. Caloris autem ingentem quantitatem a sola corporum confricatione excitari posse, quin corpora vel minimam suae substantiae jacturam subeant, suis innumeris ac luculentissimis experimentis demonstravit Rumford, qui inde occasionem cepit eam opinionem propugnandi, quae statuit, caloricum non esse substantiam *sui generis*, sed in *motu vibratorio partium corporearum* consistere. Denique oxygenium, et aer atmosphaericus, si vehementer ac citissime comprimantur, ingentem excitant caloricum, quod fomitem, pulveremque pyrium accendere valet: si haec compressio in vase vitreo diaphano fiat, lux vividissima non modo noctu, verum etiam interdiu conspicietur. Hinc instrumentum illud, quod vulgo *accendi-fuoco pneumatico* appellatur (24), suam traxit originem (1). Reliqua fluida elastica similiter compressa caloricum semper evolvunt; lucem vero non emittunt, nisi fluidum ipsum combustioni sustinendae sit aptum.

479. In omnibus Chemicis *combinationibus* evolvitur caloricum, cui aliquando etiam lux consociatur. Si ex. gr. quatuor partes acidi sulphurici cum una aquae parte misceantur, temperatura hujus mixturae ad 100 calorici gradus, seu ad aquae ebullientis temperaturam, elevatur. Potassa et soda, ubi cum acido sulphurico combinantur, ingens caloricum gignunt. Bismuthum, arsenicum, antimonium ad minutissimas partes redacta, inflammantur, si in gas chlori incidant. Platinum, si in gas hydrogenii cum oxygenio permixti quadam atmosphaera immergatur, sponte ignescit; quod phaenomenon, a Doberein anno 1823 detectum, obtinetur adhibendo platinum in fila exilissima, vel in bracteas redactum, quae ad consuetam temperaturam in illam commixtionem aeriformem immerguntur: tunc enim platinum statim calescit, deinde rubrum colorem induit, atque ignitio tamdiu perdurat, quam diu hydrogenii, et oxygenii commixtio ad illam sustinendam non deest. Nullus denique

(1) Inservit hujusmodi instrumentum ad fomitem accendendum ope calorici, quod ex aeris compressione eruditur. Constat ex tubo cylindrico metallico vel vitreo satis crasso *a b c d* (Fig. 1.) octo vel decem pollices longo, ad cujus basim *c d* stricte adnectitur obturamentum ligneum M N, ita tamen, ut ab ea aliquando, ubi opus fuerit, removeri possit. In tubum immittitur embolus E adamussim internae illius cavitati adhaerens, qui quum superne manubrio E B sit instructus, in inferiori sua parte cavitatem *e* continet, ubi fomes accendendus aptatur. Si itaque embolus, manu ad manubrium B applicata, celeriter contra fundum agitur, aer in tubo contentus comprimitur, tantamque calorici quantitatem excitat, ut fomitem accendere valeat.

ignorat quaenam calorici copia evolvatur, ubi calcem vivam aqua perfundamus. Si scobem ferream sulphuris floribus admixtam aqua ita humectes ut in pultem abeat, deinde aeris contactui exponas, incalescit haec mixtura, intumescit, et fumum emittit; si vero intra terram abscondas humo aggestam, aliquot horarum spatio per aestatem, hieme vero paucis post diebus, effervescit hoc compositum, ut terra contremiscat, atque in hiatus aperta flammas inde vomat; quod experimentum *vulcanum Dni Lemery* ab ejus primo auctore appellant. Sed inter Chemicas actiones, quibus caloricum evolvitur, praecipuum tenet locum *combustio*, quae est calorici fons uberior, et maximus, post Solem. Ut hoc phaenomenon vere mirificum explicarent, in diversas veteres Chemici abiere sententias. Inter caeteras percelebris fuit, elapso saeculo, Stahlii theoria, qui asserebat, combustionem inde haberi, quod corpora combustibilia multo saturata *phlogisto*, seu principio inflammabili, illud amittebant, ut aeri circumjacenti communicarent: at perperam omnino; nam praeterquamquod illa phlogisti theoria merum fuit commentum; si corpora in combustione tale phlogistum amitterent, eorum pondus minui deberet; id quod contrarium esse jam diximus (441), et experientia testatur; in lamina ferrea, ex. gr., si combustio excitetur, habebitur potius ponderis augmentum; si 100 sulphuris grana comburantur, post combustionem eorum pondus granis 250 aequale invenietur; 100 carbonis partes, combustione sequuta, partes 365 acidi carbonici efficiunt. At reipsa, dicet aliquis, videmus pondus corporum, quae comburuntur, minui potius, quam augeri. Respondemus, id ita videri ob substantias volatiles, quae ex calorici actione in combustione evolvuntur, et sub gas vel vaporis specie in aere dissipantur ac avolant. Id adeo verum est, ut si omnia combustionis elementa accurate colligerentur, corporis combustibilis pondus reipsa auctum experiretur. Ligna, ex. gr., quibus in caminis igneis utimur, combustione peracta, in cineres rediguntur, quarum pondus est valde minus pondere ipsorum lignorum; ejus autem rei non alia est caussa, nisi jactura et exhalatio diversorum effluviorum, quae circumquaque evolant, et in statu aeriformi per aerem diffunduntur torrentis instar, mixtionem illam efficiendo, quae *fumus* dicitur: si vero omnia colligerentur, eorum pondus majus eo inveniretur quod ligna ante combustionem habebant.

480. At hodie, post Lavoiserii investigationes et studia, compertum est, *combustionem nihil aliud esse, nisi quamdam operationem, in qua corpora, quae combustibilia dicuntur, corpus comburens, seu oxygenium absorbent, et majorem, vel minorem calorici quantitatem evolvunt*. Quum oxygenium aeris atmosphaerici partem constituat, manifestum est, cur nonnisi in aere libero combustio fieri possit;

eoque sublato, combustio statim cesset; quemadmodum et combustio quam maxime promoveatur, si vehemens aeris atmosphaerici incursus adsit, uti evenit ex actione follis, et tubi, quo utimur ad exsufflandum ignem, vel si pro aere atmosphaerico oxygenium adhibeatur (443). Ubi itaque harum substantiarum altera consociatur alteri, tunc extricatur calor; et quo magis rapida est combustio, calor augetur, corpus combustibile candescit, rubrumque colorem induit. Ut porro combustio habeatur, non sufficit sola corporis *combustibilis*, et *comburentis* praesentia; sed insuper requiritur, ut corpus *combustibile* in quadam determinata dispositione, ac *temperatura* existat. Corpora combustibilia sunt omnes substantiae simplices tam metallicae (455), tam non metallicae (441); sed praecipue carbonium, hydrogenium, sulphur, phosphorum etc., quae magis, vel minus in corporum compositionem ingrediuntur; ex. gr. carbonium, et hydrogenium, lignorum (1), olei, adipis, cerae etc. praecipuam materiam constituunt. Corpus *comburens*, ut diximus, est oxygenium; quo deficiente, combustio cessat, etiamsi adsit corpus combustibile, et satis calorici. *Temperatura* denique ad combustionem necessaria diversa est pro diversa adfinitate, quam corpora cum oxygenio habent. Sic phosphorum oxygenium absorbet, adeoque lente comburitur ad imam temperaturam; caetera corpora temperaturam elatiorem, ut comburantur, requirunt. Praeterea pro diversa corporis combustibilis natura, et pro varia illius temperie, aliquando per combustionem evolvitur magis lux quam calor; aliquando vero corpora incalescunt, quin luceant. Combustio, in qua lux sensibiliter non apparet, dicitur *lenta*; illa in qua lux apparet, dicitur *viva*. Combustio viva aliquando *flammam* exhibet, quae varios ostendere potest colores, prout diversa est ejus vehementia, et prout diversa est natura corporum, quae comburuntur; sic ex. gr. viridi colore suffusa illa fulget quando in ardentem ignem immittimus cuprum. Flammam generatim gignunt substantiae, quae

(1) Ex Gay-Lussac et Thenardi observationibus constat, ligna ex pluribus substantiis coagmentari, ex fibris nempe ligneis longitudinalibus, ex quadam aquae portione, quae ad temperaturam graduum 100 ab iis separatur, ex quibusdam materiis, quae in aqua sunt solubiles, et ex quibusdam substantiis mineralibus quae in cineres convertuntur: horum diversorum componentium proportiones diversae sunt pro diversa lignorum specie. Fibrosae ligni partes componuntur ex 52 carbonii partibus, et 48 partibus aquae, vel saltem hydrogenii et oxygenii in ea proportione, qua aquam constituunt. Hinc patet cur ex lignorum combustione oriri debeant acidum carbonicum, et vapor aqueus: quumque hydrogenium et oxygenium, in proportione, qua aquam constituunt, inveniantur; patet etiam cur ad calorem utilem gignendum concurrat dumtaxat carbonium in sua cum aeris oxygenio combinatione. Cineres etiam diversae sunt quantitatis pro diversa lignorum natura atque aetate, et in cortice magis quam in trunco abundant: generatim autem componuntur ex majori quantitate carbonati calcis vel magnesiae, ex parva quantitate phosphati calcis, clorurii potassii, sulphati et carbonati potassae, denique ex silicio tum libero, tum in combinationis statu cum potassa, et cum calce.

dicuntur *volatiles*, et *gassosae*, ut ex sola inspectione patet; flamma enim nihil aliud est, nisi gas quoddam vel vapor in combustione; sed praecipue oritur ex combustione hydrogenii cum aliis substantiis permixti, et maxime cum carbonio: aliae vero substantiae, quae *fixae* dicuntur, ut aurum, ferrum, aliaque metalla, comburuntur lucendo, sed absque flamma. Oleum, sebum, cera, aliaeque hujusmodi substantiae, quo flammam producere possint, resolvi debent, ut partes volatiles extricentur, ex quarum combustione oritur flamma; haec autem resolutio fit ope ellycnii, in quo fluidum aeriforme inflammabile producitur. Flammae volumen augetur prout aeris circumjacentis pressio minuitur; id autem nonnisi usque ad datum limitem, ultra quem extinguitur: inde liquido patet, ipsam non esse nisi fluidum aeriforme in combustione, quod dilatatur prout pressio minuitur; et extinguitur, ubi per rarefactionem deficit oxygenium, quod combustionem sustinere valet. Caeterum etiam substantiae fixae ad nimis altam temperaturam elatae flammam exhibere possunt; quemadmodum substantiae volatiles et gassosae absque flamma, vel saltem flamma remissiori comburuntur, si ad minorem temperaturam fuerint redactae; quo postremo principio nisus illustris Davy *Lampadem securitatis* efformavit, qua absque periculo, et maxima cum securitate utuntur ii, qui carbonibus fossilibus effodiendis in subterraneis fodinis vacant (1).

481. Alius calorici fons uberrimus est *calor animalis*, qui (ut postea dicemus) ad quamdam chemicam operationem refertur, quae cum lenta combustione permultam habet analogiam; oritur enim ex *respiratione*, cujus ope pars carbonii in sanguine existentis cum oxygenio aeris combinatur, et ita ab organico systemate removetur, in eaque operatione plurimum calorici extricatur. *Fermentatio* pariter non est, nisi quaedam elementorum chemicorum lenta dissolutio,

(1) *Lampas securitatis* a communibus laternis in hoc tantum differt, quod in istis candela accensa, ne a vento extinguatur, includitur in capsa vel tubo vitreo superius aperto, ut aditus pateat aeri atmosphaerico ad combustionem sustinendam; in illa autem totus tubus cylindricus constat ex filis metallicis in retis modum conformatis etiam in basi superiore, ut exhibet Figura 2. Ratio hujus constructionis petitur ex proprietate, qua fila metallica in retis modum disposita gaudent, flammae diffusionem intercipiendi: id autem quanto emolumento sit iis qui carbones fossiles in fodinis effodiunt, nemo non videt. Quum enim in iis locis subterraneis plurimum gas hydrogenii carburati evolvatur, quod cum aere atmosphaerico mixtum, admoto lumine, inflammari potest, explosionemque gignere (451), unde luctuosissimi sequuntur effectus; quumque aliunde homines, qui in fodinis versantur, nonnisi lumine accenso suis excavationibus operam dare possint in iis specubus obscurissimis, haud raro ob tales explosiones mortem oppetierunt. At nihil damni pertimescendum est iis, qui securitatis lampade freti, ejusmodi loca, in quibus atmosphaera facile inflammari potest, ingrediantur: fluidum enim aeriforme, quod in lampadem affluit, ellychniumque ambit, etiamsi inflammetur, a rete metallica impeditur ne cum aere exteriori communicet, explosionemque in fodina producat. Rete praeterea, dum luci transitum permittit, efficit ut nova fluidi quantitas in lampadem intromittatur ad flammam sustinendam.

ita tamen ut iterum in statu firmioris combinationis consocientur: quare in fermentationibus semper calorici enodatio habetur; ut evenit in uvis pressis, in diversis substantiis in sterquilinio collectis, etc.

482. *Actiones* denique *electricas* esse etiam calorici fontes uberrimos indicant tum fulminum luctuosissimi ictus, quae aliquando animantia, hominesque enecant, semper vero combustibilia corpora vel findunt, vel incendunt, vel liquefaciunt; tum quoque omnia alia electricitatis phaenomena, de quibus loquemur, ubi de electricitate sermonem instituemus.

483. Calores vehementiores hucusque cogniti, habentur 1.° a *radiis solaribus per crystallinam lentem transmissis*, vel *in concavo speculo collectis*, et ab eo reflexis; corpora enim in lentis, vel speculi foco collocata statim comburuntur; ubi vero speculo satis amplo utimur, metalla liquescunt, quaedam corpora in calcem et vitrum convertuntur; aliique habentur effectus, qui in admirationem nos rapiunt: 2.° a combustione *gas oxygenii cum hydrogenio* ea proportione mixti, quae requiritur ut aqua producatur (451); 3.° denique *ab exoneratione alicujus torrentis electrici* jugiter ac abunde fluentis, ope cujusdam parvi conductoris. Quoniam vero nullus ex his tribus caloris fontibus ab alio dependet, et unusquisque in exiguo spatio actionem suam edere potest; nihil impedit, quominus omnes simul ad eumdem effectum producendum adhibeantur; unde sequitur, possibile esse excitari combustionem iis omnibus, quae hactenus cognoscuntur, longe vividiorem, ac vehementiorem. Et reipsa omnes hi tres calorici fontes nostris hisce diebus simul adhibiti a D.no Despretz effecerunt ut corpora duriora, et ignis actioni usque adhuc refractaria, uti sunt magnesia dura, antracitis, et carbones sacchari puri, fusa et in substantias volatiles redacta fuerint (1).

CAPUT SECUNDUM

DE CALORICI PROPAGATIONE

484. Iam diximus (474), nos caloris sensationem experiri, quoties caloricum corporis nostri minus est respectu calorici corporum circumstantium, a quibus tunc in nos diffunditur; et frigoris sensum in nobis excitari, quoties caloricum corporis nostri exsuperans caloricum in corporibus circa nos positis existens, a corpore nostro ad illa transmittitur. Caloricum itaque a corporibus *propagatur* juxta *aequilibrii* legem, ita ut transmitti non cesset a corpore calorifero in alia omnia, quae cum hoc relationem habent, nisi prius iis om-

(1) Vide Majocchi Annali di Fisica e Chimica etc., Sec. Serie, T. II, pag. 263.

nibus aequaliter communicatum fuerit. Duplici autem modo caloricum propagari potest, vel per *radiationem* inter corpora a se invicem dissita, quin per objecta intermedia pertranseat; vel per *conductionem* tam inter corpora contigua, quam inter partes contiguas unius et ejusdem corporis.

485. Quamvis Academici Florentini *del Cimento* (1), ac Mariottus aliquam hujus *radiationis* notionem habuerint, Scheele tamen primus omnium fuit, qui hoc phaenomenon in disquisitionem accurate revocavit. Hic enim omnium primus observavit, caloricum e vaporario celerrime, imo uno temporis momento, emitti, et per aerem juxta rectam lineam praeterfluere; et quamvis aerem vaporarii ostium circumstantem agitasset, directionem radiorum rectilineam nullo modo immutari. Deinde quum caloricum e vaporario emissum speculo metallico concavo excepisset, in cujus foco sulphuris frustulum reposuerat, statim hoc incendi conspexit, quin tamen hujus superficies vel minimum calefacta fuerit (2). Ex hoc *calorici radiantis* nomen accepit.

486. Pictet tamen, et Saussure, Genevenses Physici, luculentissimis experimentis hujus radiationis existentiam, ac proprietates investigarunt; at nostris plane diebus ejus leges statuuntur, et ad evidentiam usque demonstrantur ab illustri Maced. Melloni, qui hanc Physicae partem patientia sane incredibili excolens, novis et pulcherrimis additamentis naturae scientiam locupletare non cessat. Ab his omnibus, aliisque detectum fuit *caloricum radians* permultam habere in aliquibus cum luce analogiam; ita ut caloricum a radiis solaribus et a reliquis calorici fontibus emissum, iisdem, ac lux, reflexionis, refractionis, ac etiam polarisationis legibus subjiciatur; quamvis tamen haec duo imponderabilia inter se permultum discrepent; quum ex novissimis Melloni experimentis constet, in radiis solaribus, quemadmodum et in radiis, qui ab aliis calorici fontibus emittuntur, existere radios calorificos non lucentes, et radios lucentes non calorificos (3).

487. Quaelibet corpora, cujuslibet generis illa sint, potentia *radios calorificos* undequaque emittendi gaudent: haec dicitur *potentia calorici emissiva*. Hujus corporum proprietatis convincimur, si nosmetipsos prope corpus calidum sistamus: tunc enim caloris sensationem experimur, quae a radiis calorificis ab illo emissis ortum habet. Ignis pari modo caloris sensationem in nobis ad aliquam ab

(1) Saggi di naturali esperimenti fatti nell' Accademia del Cimento p. 176.

(2) Scheele, Traité de Chimique de l'air et du feu, traduit par Dietrich, Paris 1781, pag. 118.

(3) Illustris hic Physicus diversas Dissertationes, quas hac super re successive edidit, in unum volumen meliori ordine dispositas anno superiore collegit, cui titulus: *La Termocrosi, o la colorazione calorifica*. Napoli 1850.

ipso distantiam positis excitat, quin tamen aer, qui inter ipsum, et nos intercedit, sensibilem calorem concipiat. Idem ex radiis solaribus inferre licebit: hi enim a Sole emissi aerem pertranseunt, et terrestrem superficiem calefaciunt, quin aer pariter sensibilem calorem inde concipiat. Ex quo sequitur, quodlibet corpus relate ad caloricum esse ut candelae flammam relate ad lucem; quemadmodum enim ex quolibet flammae puncto lucis radii emittuntur, quos undequaque diffundi conspicimus; ita a quolibet puncto cujuslibet corporis calidi, vel frigidi innumeri caloris radii jugiter manant, qui aerem praeterfluunt, ac *libere per semitam rectam undequaque propagantur*, donec in aliud corpus, quod illos impediat, occurrant.

488. Hujus *potentiae emissivae* jugem ac continuam actionem aperte ostendit sequens D[ni] Leslie experimentum. Sint duo specula concava ex aurichalco probe laevigata, quae inter se ad distantiam pedum 15 vel 16 ita disponantur, ut eorum concavitates e regione constituantur, et eorum axes in eadem sint recta (fig. 2.bis). Si in foco F' unius aliquod corpus combustibile pones, fomitis frustulum A ex. gr.; in foco vero alterius F vel globulum ignitum, vel etiam carbonem accensum B; videbis fomitem intra unius minuti intervallum accendi, ac comburi, quamvis a globulo ignito, vel accenso carbone per tot pedes distet. Undenam hoc? Non aliunde, quam ex eo quod corpus calidum B in foco F alterius speculi collocatum jugiter caloris radios in hujus speculi faciem emittit; hi vero (ut in Optica demonstrabimus) ab eo reflexi in directione ad axem parallela, in alterum incidunt speculum, a quo pariter ita reflectuntur, ut omnes in foco F' uniantur, ubi fomitis frustulum incendunt. Nec dicas, fomitis frustulum comburi per directam actionem calorici a globulo ignito vel carbone accenso emissi; posito enim in C aliquo thermometro, mercurius in ipso vel parum, vel nihil elevabitur, quamvis hoc ad calorici fontem B propius quam fomes accedat. Si loco globi igniti, globum tantum ad gradus 300 C. calefactum in foco F constituas, et in altero foco F' pro fomite thermometrum aliquod ponas, videbis mercurium in hoc celeriter elevari. Si denique in foco F aliquam glaciei portionem ponas, et in foco F' thermometrum; mercurius in hoc pariter intra minimum temporis intervallum raptim deprimetur: unde quidam Physici putarunt a corporibus frigidis radios *frigorificos*, ut vocabant, emitti, qui in foco F alterius speculi simul consociati, mercurii depressionem in thermometro producebant: quae explicatio nullius est momenti; thermometrum enim in hoc casu quum sit corpus, quod amplioris calorici quantitatem continet, ipsum emittere ac deperdere debet, donec inter illud, et glaciem temperaturae aequilibrium constituatur.

489. His argumentis constabilita calorici radiantis existentia, Phy-

sici hujus *celeritatem*, ac *intensitatem*, necnon leges, quibus in corporibus diversae speciei minuitur, vel augetur haec *potentia* calorici *emissiva*, determinare curarunt. Et primo quidem quod ad *celeritatem* attinet, observationes omnes eam ita ingentem esse demonstrant, ut Melloni, captis accuratissimis experimentis, statui posse edixerit, pro distantiis, ad quas extenditur actio fontium calorici artificialis, illud propagari *in istanti*. Quod vero ad ejus *intensitatem* spectat, nulli dubium est, quin *decrescat in ratione inversa duplicata distantiae a puncto radiante* (45.); eaque *maxima sit in directione AB normali ad superficiem radiantem AD* (fig. 3.); *decrescat vero in radiis obliquis ut cosinus anguli BAC, quem radii calorifici capiunt cum recta AB normali ad elementum AD superficiei radiantis.* Hoc principio nisus D. Fourier sagacitate mirabili quantitatem calorici determinavit, quam directe, vel per reflexionem superficies aliqua radians ad corpus quodlibet, in data positione existens, emittit.

490. Potentia denique *emissiva* in variis corporibus varia est *pro varia* eorumdem *materia*, posita in iis eadem temperatura. Id comprobarunt Leslie et Rumford, experimentis innumeris hoc modo captis. Adhibuit D. Leslie cubum vacuum, cujus omnes facies ex diversa materia erant efformatae: hunc aqua ebulliente repletum, tribus pedibus a speculo metallico concavo distantem collocavit, posito prius in hujus foco illo ex globulis sui *thermometri differentialis* (1), quem *focalem* ipse appellabat. Observavit deinde effectum, quem singulae cubi facies super suum thermometrum producebant, hujusque elevationem signavit, prout cubi faciem mutabat: huic cubo alterum ex materiis pariter diversis confectum substituit, et pariter elevationem thermometri ob cujusque faciei actionem notavit: deinde, abstractione facta a minima radiorum quantitate, qui a speculi superficie, nec non ab ipso aere absorbentur, singulas observationes inter se contulit, ex quibus tabulam sequentem confecit, quae potentiam emissivam aliquorum corporum ea ratione continet, ut si numero 100 maximus denotetur effectus, a numeris ipso inferioribus effectus minores designentur.

	Potentia emissiva.
Nigrum fumi	100
Aqua	100
Charta alba	98
Crystallus, quam *crown-glas* dicunt.. . .	90
Atramentum Sinense.	88
Glacies.	85
Mercurius	20

(1) Vide infra n. 509.

Plumbum lucens	19
Ferrum politum.	15
Stannum, aes, argentum, aurum. . . .	12

Ex hac tabula aperte perspicitur, *potentiam calorici emissivam esse variam pro varia corporum materia*, eamque esse maximam in nigrofumi et in aqua, minimam vero in metallis.

491. Quando radii calorifici in corpora incidunt, quorum superficies probe sit laevigata, et lucida, *reflectuntur* ut radii lucis, ea lege nempe, *ut angulum reflexionis angulo incidentiae aequalem efficiant*; si vero eorum superficies scabra, et fusca fuerit, tunc *hi radii absorbentur*, quin *reflectantur*. Haec omnia *speculis conjugatis* Dni Leslie (488) probantur. Si sebo, vel nigro fumi illiniatur speculi metallici superficies, in cujus foco thermometrum sit constitutum, ex hujus immobilitate arguere possumus, caloricum a corpore ignito ad aliquam ab eo distantiam posito emitti quidem, sed in speculum hoc modo illitum incidens, amittere radiantem formam, et absorberi a metallo, quod adeo calescit, ut impune tangi nequeat: id quod clare demonstrat, corpora, quorum superficies vel nigra, vel scabra, vel fusca sit, radios calorificos celerius absorbere, quam illa quorum superficies polita, ac lucida fuerit.

492. Mariotte omnium primus, deinde Scheele, aliique Physici observarunt, caloricum vel ab igne terrestri projectum, vel a corporibus calefactis lucem non emittentibus, multum differre a calorico solari, ratione potentiae permeandi corpora diaphana; illius enim transitus a vitro, vel alio simili corpore pellucido impeditur; hoc vero libere pertransit; adeoque vitrum in priori casu, illud absorbens, incalescit; minime vero in casu posteriori. Recentiores tamen observationes Dni Delaroche innuunt, hanc absorptionem esse completam tunc solum, quum temperatura corporis, a quo caloricum radiatur, fuerit parvi momenti; ubi vero haec temperatura augetur, radiorum calorificorum aliqua portio vim per vitrum transeundi adipiscitur, quae major evadit prout corporis radiantis caloricum augetur. Neque parvi facienda est haec observatio: ex ea enim discimus non modo ignem solarem ac terrestrem ejusdem esse naturae; verum etiam Solis temperaturam ejus esse intensitatis, quae ignem quemlibet terrestrem longe superet.

493. Potentia, quam corpora habent, radios calorificos *reflectendi*, ut *complementum potentiae eosdem absorbendi* spectari potest, et ita quidem ut *summa quantitatum calorici ab eodem corpore absorpti, et reflexi toti calorico incidenti aequalis esse debeat*. Aestimabitur autem haec reflectendi potentia, si speculi superficies successive diversis substantiis obducatur, et in quolibet experimento Leslii thermometrum, cujus globus focalis in speculi foco existat, observetur. Animadvertendum tamen, in his omnibus capiendis experimentis, cu-

bi superficiem e speculi regione positam semper eamdem esse debere; et in quolibet experimento nova aqua ebulliente cubum repleri oportere, ut eadem semper temperatura habeatur. Rebus hoc modo constitutis, inspicietur, quod si numero 100 potentiam reflectendi, qua cuprum flavum donatur, exprimamus, potentia reflectendi, qua aliqua corpora praedita sunt, sequentibus numeris exprimetur, nempe.

	Potentia reflectendi
Cuprum flavum	100
Argentum	90
Stannum in bracteas diductum.	80
Chalybs	70
Plumbum.	60
Vitrum	10
Vitrum oleo obductum.	5
Nigrum fumi.	0

Ex hac tabula manifeste apparet, *corpora probe laevigata et polita, quae uberius radios calorificos reflectunt, ea esse, quorum potentia emissiva est levissima*; et e contrario, corpora, quorum potentia emissiva est ingens, reflectendi potentiam longe exiguam habere : corpora denique, *quorum absorbendi potentia est maxima, maxima etiam potentia emissiva donari.*

494. Ex his omnibus principiis quaedam fluunt consectaria, quae ad vitae usum sunt perutilia. Patet 1.°, liquorem quemcumque diu calidum servari posse, si in vase ex politis metallis reponatur ; horum enim potentiam emissivam, et absorbentem tenuissimam esse diximus: 2.° in construendis caminis igneis, ut radii calorifici in cameram reflecti possint, camini interiorem parietem lateribus sandaracha illitis obducere oportere : 3° vestes nigras, quae majorem emittendi, atque absorbendi vim habent, ob ingentem quam absorbent calorici quantitatem, aestate esse calidas ; hieme vero esse frigidas, quia tunc caloricum a corpore nostro absorbent, et undequaque ad corpora, quae nos circumstant, illud emittunt: vestes vero albas, utpote quae minori absorbendi vi donantur, aestate minus calidas inveniri ; hiberno autem tempore, quum parum radios emittant, calidiores esse; unde quolibet anni tempore ad nostrum commodum magis inserviunt : 4° patet denique, cur populi zonam torridam incolentes nimio calore non opprimantur. Color niger, quo donantur, efficere quidem deberet, ut magis incalescerent; sed quum eorum cutis sit oleosa, et nimis lucida, ac perpolita, fit ut radii solares absorbeantur quidem ab extrema illa nigra superficie, sed statim ac in illam translucidam superficiem inciderint, exterius emittuntur, quin interius eorúm carnem penetrent. Pauca haec sufficiunt exempla ad comprobandum harum cogni-

tionum utilitatem, si ad artes, aliosque usus, quibus vita humana regitur, applicentur.

495. Caloricum denique radians, ubi ex uno in aliud medium pertransit, quemadmodum et lux, *refringitur*. Illustris M. Melloni, cui, ut diximus (486), plurima, quae super calorici radiantis natura et proprietatibus debentur theoremata, sub initio suarum investigationum vocavit *diathermanes* (1) substantias illas, quae calorici transitum permittunt, eodem sane modo, quo lucis transitus a corporibus *diaphanis* permittitur: *athermanes* (2) vero illas substantias quae proprietate opposita donantur, et se habent ad caloricum ut corpora *opaca* ad lucem: novissime vero priores substantias *diathermicas*, posteriores autem *adiathermicas* vocandas edixit. Cave tamen credas substantias omnes *adiathermicas* hac proprietate gaudere in ratione directa suae opacitatis; vel substantias omnes diaphanas esse pariter *diathermicas*. Murias sodae fossilis (il sal gemma) ex. gr. ingenti *diathermaneitate* gaudet; allumen vero hac proprietate in remissiori gradu donatur; vitrum nigrum est mirifice *diathermicum*, si ejus opacitas inspiciatur, sed haec ejus proprietas minuitur prout temperatura corporis, a quo caloricum emittitur, minui solet. Experimenta, quibus haec corporum proprietas constabilitur, descripta habes in Pouillet Physica (3), quam consulas volumus, praecipue quum illius paginas notis luculentissimis ad rem uberius explicandam ipse M. Melloni auxerit, ac ditaverit. Ibidem etiam istud theorema demonstratum comperies, *calorici nempe quantitatem ad perpendiculum reflexam super utramque laminae vitreae diathermicae superficiem esse fere constantem*, et $\frac{1}{13}$ *parti calorici incidentis aequalem*.

496. M. Melloni *diathermansiae* nomen adhibuit, ut proprietatem illam exprimeret, vi cujus diversi generis corpora in calorico, quemadmodum et in luce, quaedam prae aliis elementa absorbere valent. Ex hac proprietate evenit, ut caloricum, quod per aliquam substantiam pertransit, postquam *purificatum*, seu *thermanisatum* fuerit, aptius evadat ad pertranseundam aliam ejusdem substantiae laminam, ab eaque nonnisi levissimam absorptionem patiatur: in hoc casu haec lamina super calorici penicillum thermanisatum ad eumdem fere modum agit, quo murias sodae fossilis in omnem calorici speciem agit, vel ut vitrum rubeum agit super lucem colore infectam, quae per aliud vitrum rubeum jam pertransiit. Sed de calorici *refractione*, nec non de ejus *polarisatione* vide plura in Ope-

(1) A διa, trans, et θερμη, calor.
(2) Ab α privativa, et θερμη.
(3) Tom. IV. Lib. 7. n. 483, et 484.

re jam laudato, n. 487, 488. Ex his omnibus, et aliis, quae ibidem referuntur, argumentis, colligi posse videtur, *calorici existentiam a lucis existentia non pendere, seu facultatem calefacientem* non requirere *visibilitatem* ut necessariam conditionem : si enim duae substantiae thermanisantes, ut par est, combinentur, vitrum viride, ex. gr. et allumen, fere omne caloricum absorbebitur, quin splendor lucis vel minimum minuatur: et e contrario, vitrum nigrum, vel crystallus montana fumo obducta omnem lucem a sole emissam absorbet, et calorico per suam substantiam liberum transitum permittit.

497. Variae ad haec, aliaque similia phaenomena explicanda excogitatae sunt theoriae ; fatendum tamen, rem esse adhuc tenebris involutam, et dignam plane, quam Physici suis studiis persequantur. Theoria autem D[ni] Prevost Genevensis, generaliter loquendo, calorici radiationem, ejusque diversa phaenomena melius explicare videtur. In hujus enim Physici sententia caloricum a corporibus omnibus quaquaversum aequabiliter emittitur, et *aequilibrii statum*, ut ipse ait, affectat. Ex qua calorici ad aequilibrium propensione fit, ut corpus ignitum aliis corporibus minus ignitis admotum iisdem tantum calorici communicet, donec omnia aequaliter caleant: inde evenit, ut si corpus nostrum ex. gr. calorici particulas circumpositis corporibus suppeditet, in quibus minor earumdem invenitur collecta quantitas, *frigoris* sensum experiamur. *Frigus* proinde *haud positivam sensationem esse* patet, materiae sui generis vi omnino referendam, ut Muschembroekio visum est, qui corpuscula *frigorifera* frigoris sensui excitando idonea existere autumabat : *in frigore enim non invenimus, nisi calorici defectum*; frigoris autem sensus ita est temperaturae corporis nostri respondens, ut si manum probe calefactam tepidae aquae immittas, hanc frigidam senties; si vero alteram gelu rigescentem, senties aquam esse calidam. Idem etiam subterranearum regionum temperies confirmat ; quas aestate frigidiores esse percipimus, hieme vero calidiores, quamvis, teste thermometro, eadem in iis toto anni tempore sit aeris temperies: corpus enim nostrum quum aestate sit magis calidum, quippe quod atmosphaera ambiatur, cujus consueta temperatura est graduum 25, vel 26, quoties has regiones ingreditur, quarum constans temperatura est graduum 12 vel 13, illis suum cedit caloricum, ac proinde frigoris sensum experitur: hieme vero omnia contrario modo eveniunt ; tunc enim corpus nostrum a consueta atmosphaerae temperatura, quae paullo supra 0.° extollitur, in has regiones, quarum temperatura est graduum 12 vel 13, ut diximus, ingrediens, caloris sensum experiri debet. Idem dicendum de aquis puteanis, quae nobis frigidiores aestate, calidiores hieme videntur. Eadem de caussa evenit, ut ferri virga aquae ebullienti injecta, deinde retracta et manu capta, huic frigida primo appareat, et post moram aliquam demum eidem calorem suum tribuat.

498. Hujus radiationis leges variis sub circumstantiis, instituta longa experimentorum serie in corporum refrigeratione, paucis ab hinc annis accurate investigarunt ac lucide demonstrarunt illustres Physici Dulong et Petit, quarum summa haec est. 1.° Corpora, quamvis ejusdem voluminis, magnitudinis, ac superficiei, non omnia eadem celeritate refrigescunt; eorum enim celerior vel tardior refrigeratio a diversa massa, capacitate, conducibilitate, facultate emittendi, reflectendi, et absorbendi, denique a natura et temperatura ambientis pendere potest. 2.° Corpora eadem semper lege in vacuo refrigerantur, ubi recipiens, in quo fit vacuum, ejusdem semper temperaturae servetur; secus vero, si haec augeatur: tunc enim si temperatura cresceret in progressione arithmetica, cujus ratio esset ut 20, celeritas, qua corpora in vacuo refrigescerent, in progressione geometrica cresceret.

499. Calorici propagatio inter corpora contigua, sive inter partes unius, et ejusdem corporis, per *conductionem*, ut ajunt, fieri solet; qui propagationis modus, quamvis ut radiationis casus particularis spectari possit, ita tamen *conductio* a *radiatione* differt, ut ejus leges sejunctim investigare oporteat. Iam diximus (497), corpora quaelibet caloricum undequaque ita emittere, ut corporibus minus calidis illud communicent, quae proinde calidiora evadunt. Experientia vero testatur, corpora solida, quae in uno extremo calefiunt, caloricum usque ad aliud extremum deferre. Si corpus calidum corpori frigido ejusdem substantiae ad minimam inter se distantiam admoveamus, caloricum a corpore calido ad frigidum per *radiationem* communicabitur, in frigidi vero substantiam per *conductionem* se se insinuabit. Si haec distantia minuatur, ita ut duo corpora se contingant, *radiatio* non cessabit; in hoc enim contactu aliquod adhuc intervallum existere demonstrari potest: si denuo inter se magna vi apprimantur, ita ut unum idemque corpus efficere videantur, tunc transmissio *per conductionem* fiet. Patet itaque, *conductionem* a *radiatione* pendere, hujusque esse casum particularem: *temporis* autem ratio, quae in hujus inquisitione habenda est, efficit ut conductionis leges a legibus radiationis sint plane diversae: calorici namque propagatio *per conductionem* non fit, nisi lento gradu; dum illa, quae *radiationis* est effectus, celeritatem, qua lux propagatur, aemulare videtur. Hujus argumenti tractationem felici sane eventu aggressus et persecutus est D. Fourier nuperrime vita functus. Hic Physicae, et Mathesis cultor diligentissimus, evolvit et formulis mathematicis leges omnes demonstravit, quibus caloricum per internam solidorum substantiam propagatur, ubi actioni externarum caussarum caloris, vel frigoris exponantur; quas, si libet, videas in Pouillet Physica (1).

(1) Lib. VII. n. 495.

500. Non omnia corpora eodem gradu hac conducendi calorici proprietate gaudent. Si enim alicujus virgae metallicae partem extremam igni admoveas, videbis post aliquod tempus totam ejus substantiam ita calefieri, ut manu eam comprehendere amplius non valeas : si vero igni virgam ligneam admoveas, semper ejus extremum manu tenere poteris, quamvis extremum alterum incandescat. Ex quo factum est, ut corpora, per quae facilius ac celerius caloricum propagatur, uti sunt metalla omnia, *bene* caloricum *deferentia*, vel *conducentia (buoni conduttori)* fuerint appellata; corpora vero, quae difficillime illud transmittunt, uti sunt ligna (praesertim sicca), vitrum, cineres, carbones, paleae siccae, lana, animantium pili, etc. *caloricum cohibentia*, seu *non bene illud conducentia (coibenti, o cattivi conduttori)* denominata fuerint. In subjecta tabula corporum aliquorum *calorici conducendi* efficaciam a Dno Despretz definitam inspicies.

Aurum.	1000.	Stannum.	303.
Platinum.	981.	Plumbum	180.
Argentum	973.	Marmor	23.
Cuprum	898.	Creta recocta . . .	12.
Ferrum	374.	Porcellana	11.
Zincum.	363.	Aqua	9.

Ad instar hujus tabulae aliae etiam confici possunt, in quibus efficacia calorici conducendi, quam alia etiam corpora habent, designari potest. Ut id consequamur, duplici via incedere possumus : vel enim dati corporis extremum calefit, et interea notatur tempus impensum in calorico transmittendo ad alterum extremum ; vel etiam adhiberi potest Dni Inghenouz instrumentum, quod in capsula quadam metallica A (fig. 4.) consistit, cui in una ex faciebus normaliter adnexi sunt plures exiles cylindri ex diversa materia, ejusdem tamen diametri, quorum unusquisque cera obduci solet. Si in hac capsula aquam vel oleum ebulliens effundas, caloricum in cylindrorum substantiam se se insinuans, ceram, qua obducuntur, liquefaciet; et ex cerae majori quantitate in minori tempore liquefactae varia cylindrorum in calorico conducendo efficacia colligetur ; *boni* enim *conductores* erunt cylindri illi, in quibus cera ad majorem a capsula distantiam liquefit; *mali* vero *conductores* illi omnes erunt, in quibus exigua cerae quantitas, seu ad minorem a capsula distantiam liquefieri solet.

501. *Liquidorum* in calorico deferendo efficacia nondum determinata fuit : id autem apud omnes constat, liquida omnia *male* caloricum *conducere*; si enim liquidi alicujus suprema superficies cujusvis caussae calefacientis actioni exponatur, stratum superius, quod caussae calefacientis actionem sentit, valde calefiet: reliqua vero liquidi massa aliquam caloris quantitatem nonnisi sensim, et

post datum tempus concipiet, id quod clare demonstrat, propagationem calorici per liquida esse segniorem, adeoque liquida *male* caloricum *conducere*. *Aer*, ac omnia *fluida elastica pessime* etiam caloricum *conducunt* : ex experimentis enim a D[no] Rumford accurate institutis liquet, potentiam calorici conducendi in mercurio esse =1000, in aere humido = 330, in aqua=313, in aere communi = 80, 41, in aere rarefacto = 80, 25, in aere magis rarefacto =78, denique in vacuo boyleano =55. Corpora denique omnia in minutissima frustula divisa *pessime* etiam caloricum *conducunt*, ut videre est in ipsa ferri, ac metallorum scobe.

502. Haec, aliaque principia superius constabilita perspicue ostendunt, *non omnia corpora*, ut diximus (500), *calorico propagando aeque esse apta*. Ex ipsis, ea quae *melius* caloricum *conducunt*, sunt metalla; in remissiori gradu illud conducunt marmor, creta recocta, porcellana, vitrum : sequuntur ligna sicca, paleae, linum, cineres, gossypium, lana, plumae, charta, glacies, sulphur, adipes, carnes, etc., quae male caloricum conducunt. Hinc nonnulla explicantur phaenomena. Intelligitur 1.° cur claves, nummi, aliaque metallica instrumenta, quae in nostrarum vestium peris gestamus, calidiora vestibus ipsis videantur; quum enim sint ex metallo, facillime caloricum illud transmittunt, quod pari celeritate a corpore nostro absorbent: 2.° cur manu capiendo duas virgas, alteram ferream, alteram ligneam, quamvis ejusdem temperaturae, ferrea quidem, non vero lignea frigoris sensationem in nobis excitat; quum enim ferrum melius caloricum conducat, quam lignum, virga ferrea ampliorem calorici quantitatem a manu subtrahit, eaque calorici subtractio in ferri contactu frigoris sensationem gignit : 3.° cur tabula marmorea magis frigida videatur, quam lignea; marmor enim, si ligno comparetur, majori caloricum deferendi efficacia praeditum reperitur; deinde quum sit ligno densius, corporis nostri temperaturam in plura contactus puncta dividit: 4.° cur super pavimentum stratum tabulis calidius incedamus, quam super pavimentum stratum lapidibus: cur camerae ligneae calidiores sint, quam illae, quae ex lapidibus, et calce construuntur: cur vasa metallica ligneo manubrio instruantur, ut manu capi possint: cur corpus nostrum aestate vestibus lineis tegamus, hieme vero laneis vestibus; istae quidem, quum minus caloricum conducant, quam illae, magis servant caloricum in corpore; id quod contraria ratione evenit in vestibus lineis: 5.° cur quaedam tenellae plantae siccis paleis obtegantur, hiberno quidem tempore ut earum calor naturalis servetur, aestate vero ne a solaribus radiis adurantur. Pari modo de innumeris aliis phaenomenis his similibus judicium ferre poteris, ac pro certo existimare, corpora, dum tanguntur, calida, vel frigida aestimari non ob eorum temperaturam, sed a majori, vel

minori calorici copia, quam nobis communicant, vel a nobis recipiunt.

CAPUT TERTIUM

DE CALORICI EFFECTIBUS

503. Praecipui calorici effectus sunt 1.° *caloris* et *frigoris sensationes*, quas in nobis excitat vel in corpore nostro se se immittendo, vel ab ipso egrediendo; 2.° *dilatatio* corporum omnium, in quorum substantiam irrepit; 3.° *status mutationes*, quas producit in solidorum fusione, vel quum solida, et liquida in vapores convertuntur; 4.° *mutationes* denique chemicae, quarum est caussa, quum intima diversarum substantiarum elementa decomponit, ac praecipue illarum, ex quibus vegetabilia; ac animantia corpora sunt efformata; quibus etiam addi possunt tum quorumdam phaenomenonorum electricorum productio sub aliquibus circumstantiis in metallorum contactu, tum electricae polaritatis enodatio in substantiis crystallisatis. De priori calorici effectu breviter loquuti sumus in capite superiori; de secundo, et tertio pari brevitate sermonem hic instituemus; de reliquis, ubi se se dabit occasio, pauca etiam delibabimus.

504. Praecipuum, ac constantem calorici effectum esse corporum *dilatationem*, diuturna, ac eodem modo semper firma experientia nos docet: haec enim innuit, corporum quorumcumque volumen, a calorico penetratum, per omnes suas dimensiones augeri (27.). Haec porro dilatatio a calorico inducta corporum *temperaturam* constituit, quae idcirco ab ipsiusmet dilatationis gradu optime determinatur; diciturque *alta temperatura*, quae majori dilatationi respondet, *ima* (*bassa temperatura*) vero, quae minori. Ex omnibus naturae corporibus, vapores, ac fluida aeriformia magis sunt dilatationi obnoxia; sequuntur deinde liquida; solida denique remissiori gradu dilatantur. Sed quum in postremis dilatatio haud semper calorici copiae sit proportionalis: hinc factum est, ut liquida solidis potiora habeantur ad declarandam aliorum corporum temperaturam. Liquida porro eo modo a Physicis adhibita, ut dilatationem a calorico acceptam clarius commodiusque exhibeant, *Thermometra* (1) constituunt. De hoc perutili ac omnibus physicis observationibus necessario Instrumento hic paullo fusius loquendum est.

505. Quoniam itaque a calorico corpora, praecipue liquida, ac fluida dilatantur, a frigore vero densantur; hinc si tubus vitreus e-

(1) A vocibus θηρμη, calor, et μετρον, mensura.

xilis sumatur, habens adnexum globum intus cavum; deinde totus globus, ac tertia tubi pars spiritu vini, vel mercurio repleatur, iis scilicet fluidis, quorum dilatationes calorici quantitatibus proportionaliter respondent; hujus Instrumenti ope, caloris, frigorisque vicissitudines poterunt definiri. Primum Thermometri inventorem quemdam Drebbellium natione Batavum fuisse perhibent; at primum hoc inventum multis laborabat vitiis, quae a Galileo anno 1657, ac deinde ab Academicis Florentinis sub initio saeculi XVI, corrigi coeperunt, aliudque constructum fuit Thermometrum, quod Florentinum dictum fuit (1). Newtonus postea, anno 1701, et recentiores Physici, nempe Fahrenheit anno 1724 in Britannia, Reaumurius anno 1730 in Gallia, et Delisle Petropoli anno 1733, in eo amplius corrigendo elaborarunt, ut illud ad perfectionem, quam nunc habet, perducerent. Ejus summa huc redit.

506. Inter liquida, quae calorici actione magis aequabiliter dilatantur, recenseri solent spiritus vini, et mercurius; ideoque hisce praesertim liquidis utuntur Physici in thermometris construendis; sed praecipue hodie post Fahreneithium adhibetur mercurius, quippe qui, quantum huc usque observare licuit, aeque dilatabilis est; eamdem jugiter expansivam vim retinet; et caloris gradus prae spiritu vini ferre valet, priusquam ebulliat. Hic autem notandum quod quemadmodum mercurius ad mensurandas elatiores temperaturas inservit, quibus mensurandis insufficiens est spiritus vini, qui infra gradus 100 ebullit; ita e contrario spiritus vini plenius adhibetur ubi temperaturas zero valde inferiores dimetiri cupimus, in quibus mercurius facile congelascit. Thermometri autem constructio quatuor his simplicissimis operationibus absolvitur; 1.° nempe parari debet tubus vitreus vel crystallinus; 2.° liquore impleri; 3.° in superiori parte claudi; 4.° demum gradibus instrui. Tubus in tota interiori longitudine ejusdem semper diametri sit, oportet, ut aequalia spatia aequalibus voluminibus respondeant; hic tubus in sphaeram intus cavam desinat, vel in cylindrum pa-

(1) Mirandum cur nemo ex Italis omnibus Physicae Scriptoribus, quod sciam, mentionem fecerit *Sebastiani Bartoli* Neapolitani, qui in opere posthumo *Thermalogiae Aragoniae* edito anno 1676 non modo Thermometrum describit, sed ejus figuram exhibet. Hic enim parari praecipit tubulum vitreum cum adnexo globo, ignique admoveri, ut aer rarefactus expellatur; deinde in aliquem coloratum liquorem, spiritum vini ex. gr., immitti jubet, et notari punctum ubi subsidebit liquor juxta ambientis aeris calorem. Tum ut caloris, frigorisque termini reperiantur, nive obruendum esse vult, postea in ferventem aquam immittendum, mox communi aeri ambienti restituendum: nota sunt tria puncta, *summi frigoris* scilicet, *summi caloris*, et *communis ambientis*. Addit quoque quartum punctum, caloris scilicet animalis, quod obtineri potest si manu sani juvenis foveatur globulus. Debita denique proportione spatium inter duo fixa caloris, frigorisque puncta dividit in partes, seu gradus 18. Habuit itaque Bartolus noster ferventis aquae calorem, et nivis frigus pro constanti, et fixo: hujus igitur instrumenti perfectio maxima in parte Bartolo nostro debetur. Memorari id oportebat in Nationis nostrae decus.

riter vitreum majoris crassitiei. Mercurius probe depurandus est, ut omnis mador immixtusque aer expellatur, deinde in sphaeram et tubum ad quamdam usque altitudinem infundi; ita tamen ut prius ex tubo omnis aer excludatur, id quod ope mercurii calentis obtinetur, qui rarefactus ad tubi summum ascendit: calefieri autem potest mercurius mergendo in aquam ferventem, vel igni subjiciendo sphaeram tubo adnexam. Deinde, expulso prius aere, hermetice clauditur tubus in parte ipsius superiori. Ut autem graduum scala fixa constituatur, postquam tubus, et mercurius deferbuerunt, sphaera, ac tota tubi capacitas mercurio repleta per semihoram circiter in nivem, aut glaciem contusam mergitur; tunc enim mercurius frigore densatus in tubum descendet ad punctum aliquod, in quo fixus haerebit: hoc punctum atramento, vel adamante signatur, et erit *punctum congelationis*. Hoc facto, lente, et sensim idem tubus cum sphaera adnexa, eo modo, quo antea, mergitur in aquam destillatam ebullientem; tunc enim mercurius a calorico dilatatns intra tnbum se se attollet ad certum usqnè punctum fixum, quod pari modo notabitur; et ita habebitur alius scalae terminus fixus, qui *punctum aquae ebullientis* vocari solet. Quia vero non omni tempore ebulliens aqua eumdem caloris gradum habet, sed modo majorem, modo minorem, prout majori, aut minori atmosphaerae pressioni subjicitur; observari debet etiam Barometrum, et tunc in Thermometro fixum aquae ebullientis punctum notari debet, quum mercurius in Barometro mediam obtinet altitudinem, nempe quum pollices 27 $\frac{1}{2}$ attingit; tunc enim media est atmosphaerae pressio in nostris regionibus. Intervallum denique', quod inter *punctum congelationis* et punctum *aquae ebullientis* interponitur, in 100 partes aequales, sive *gradus*, accurate circino dividitur, qui gradus extendi ulterius poterunt tum e congelationis puncto usque ad vitream sphaeram, tum e puncto *ebullientis aquae* ad extremam tubi altitudinem, ut intensiores tum frigoris, tum caloris gradus designentur. Gradus spatii interjecti intra punctum congelationis, et punctum ebullitionis nec non et alii ultra ebullitionis punctum, nota-+, signantur, et *positiva* seu *caloris* dicuntur: illi vero, qui infra punctum congelationis existunt, signo — denotantur, et dicuntur *negativi* seu *frigoris*. En *thermometrum*, quod loci, in quo positum fuerit, temperaturam indicabit (Fig. 5. num. 1.).

507. Thermometrum nuper descriptum Thermometri *Centigradi* nomine venit, vel Thermometri Celsiani, quia Celsius in Hollandia hac divisione in 100 gradus primus usus est. Thermometrum *Reaumurii* ita est concinnatum, ut in 80 gradus partiatur spatium inter congelationis et ebullitionis puncta comprehensum: hisque duobus tantum utuntur Galli (Fig. 5. n. 2.). Angli vero utuntur thermometro, quod Fahrenheit excogitavit, in quo puncta fixa determinantur ab

aqua ebulliente, et a glacie vel nive cum sale ammoniaco commixta; spatium vero inter haec duo puncta comprehensum in 212 gradus dividitur. Hinc punctum congelationis, quod in thermometro Reaumurii, vel in Centigrado figura 0 (zero) designatur, in thermometro Fahrenheit respondet gradibus 32; atque spatium ab hoc puncto usque ad aquae ebullientis punctum comprehensum in 180 gradus est divisum (Fig. 5. n. 3.). Fahrenheit 32 gradus inferius sui thermometri *zerum* constituit, quia hic numerus 32 aequalium partium definit differentiam inter frigus simplicis nivis, dum regelatur (quod indicatur a *zero* thermometri tum Centigradi, tum Reaumurii), et nivis cum sale ammoniaco permixtae, quale frigus quum anno 1709 Dantisci habitum esset, Fahrenheit ab hoc frigore sui thermometri scalam incipiendam esse duxit, ratus hunc futurum esse ultimum frigoris gradum a natura producendi; sed postea alii experti sunt, valde majus etiam dari posse; ut reipsa evenit anno 1840, die 12 Decembris, apud Montes Urali, ubi maximum frigus designatum fuit a — 47° thermometri Reaumurii, nempe a — 105° thermometri Fahrenheitiani. Denique est quoque thermometrum D.ni *Delisle*, in quo scala in 150 partes est divisa; punctum congelationis signatur *zero*, et punctum aquae ebullientis thermometri Centigradi 150 gradui hujus scalae respondet. Sed hoc thermometrum jam in desuetudinem abiit.

508. Cognitis autem gradibus cujusvis thermometri, si inter ipsos instituatur comparatio, facile dignosci poterit, quibusnam gradibus in altero thermometro illi respondeant. Et quidem, quum idem spatium plures divisiones subeat in thermometro centigrado, quam in Reaumuriano, patet, singulos gradus Centigrados minores esse debere singulis gradibus Reaumuriani thermometri; et e fortiori, gradus thermometri Fahrenheitii minores esse debere gradibus Centigradis, et Reaumurianis. Statui igitur possunt sequentes proportiones:

1.° centig: 1.° Reaum = 80: 100 = 4: 5.; hinc quilibet gradus centigradus = $\frac{4}{5}$ unius gradus Reaumurii.

1.° centig: 1. Fahr. = 180: 100 = 9: 5; hinc quilibet gradus centig: est $\frac{9}{5}$ unius Fahrenheit gradus.

1.° Reaum: 1.° Fahren = 180: 80 = 9: 4, hinc quilibet gradus Reaumurianus est $\frac{9}{4}$ seu $2\frac{1}{4}$ unius gradus Fahrenheitii.

Ut itaque numerus aliquis graduum thermometri Centigradi in respondentes gradus thermometri Reaumurii converti possit, datus numerus per $\frac{4}{5}$ multiplicari debet; et viceversa, si nume-

rus graduum thermometri Reaumurii in gradus therm. Centigradi convertere cupias, datum numerum per $\frac{5}{4}$ multiplicabis. Sic gradus 20 thermometri Centigradi aequivalent 16 gradibus thermometri Reaumurii, nam $20 \times \frac{4}{5} = \frac{80}{5} = 16.°$; et e contrario $16 \times \frac{5}{4} = \frac{80}{4} = 20°$. Pari modo, ut numerus quilibet graduum thermometri Fahrenheitii ad gradus respondentes thermometri Centig. reduci possit, ex gradibus Fahrenheitii subtrahi debet numerus 32 (ob rationem superius n. 507 assignatam), ac deinde residuum multiplicari per $\frac{5}{9}$. Sic 50 gradus therm. Fahren. efficiunt 10.° therm. Cent.; nam $50 - 32 = 18 \times \frac{5}{9} = \frac{90}{9} = 10.°$ C.
Idem etiam dicendum si gradus therm. Reaumurii ad gradus therm. Fahrenheitii reduci velint; in hoc enim casu, si gradus dati multiplicentur per $\frac{9}{4}$, et producto addatur num. 32; haec summa gradus thermom. Fahren. indicabit. Sic 8 gradus Reaumurii efficiunt 50 gradus therm. Fahren.; nam $8 \times \frac{9}{4} = \frac{72}{4} = 18 + 32 = 50.°$ F. Contrariam servabis rationem, si gradus 50.° Fahr. ex. gr. in gradus therm. Reaumurii convertere velis: tunc enim efficies $50 - 32 = 18 \times \frac{4}{9} = \frac{72}{9}$ $= 8.°$ R. Hodie vero Thermometra ita construuntur, ut ex una parte insigniantur scala Fahrenheithiana, ex altera vero Reaumuriana; adeoque oculis hanc comparationem subjectam habes.

509. Globulus thermometri praeterea aere sicco repleri potest, cui in tubo superimponitur parva mercurii columna M, quae *indicis* vice fungitur, ut in Fig. 6; quin immo qui olim Thermometrum construxerunt, non alio corpore thermoscopico usi sunt. Quum autem aeris dilatatio sit uniformis pro singulis temperaturae gradibus; quumque D. Gay-Lussac elevationes utriusque thermometri, tum mercurio scilicet, tum aere repleti comparando, easdem uniformes esse observaverit inter 0.° et 100.°; hinc factum est, ut thermometrum aere repletum in desuetudinem venerit. Ut autem dilatatio a calorico producta ampliori, et exquisitiori modo indicari posset, et temperaturae variationes non aeri ambienti, aut alicui aliae caussae adscribi, sed tantum phaenomeno, quod explorandum suscipimus; Dns Leslie aliud thermometri genus construxit, quod *thermometrum differentiale* vocavit. Constat tubo recurvo ABCD, in cujus extremis partibus duo globuli vitrei intus cavi, et ejusdem magnitudinis sunt adnexi (Fig.7.). Columna BC acidi sul-

phurici rubro colore infecti aeris communicationem ex uno in alium globum intercipit; haec columna non modo totam tubi horizontalem partem occupat, verum etiam ad aliquam altitudinem in utroque tubi brachio verticali se se attollit. Si duo globuli ad eamdem existant temperaturam, duae liquidi columnae verticales ad libellam se component; si vero alterutrius globuli temperatura augeatur, tunc liquidi columna versus globulum frigidiorem alterius brachii se se extollet. Brachio tubi CD adnexa est scala, quae determinari solet hoc modo: duo globuli ad eamdem prorsus rediguntur temperaturam, et signatur 0 in puncto, ubi ad libellam se se duae liquidi columnae componunt; deinde unius globuli temperatura elevatur per 10 gradus centigrados, et signatur punctum, ad quod sese attollit liquidum in tubo CD: hoc intervallum in 100 aequales partes dividitur; ita ut decem hujus thermometri gradus 1.° C. adaequent. Globulus A alterius brachii *focalis* vocari solet, ex eo quod in experimentis capiendis hic semper in *foco* speculi metallici ad calorem concipiendum collocari solet. Denique D^{ns} Rumford thermometri differentialis Leslii dimensiones auxit, ut vel *minimas temperaturae variationes* indicare valeret, illudque *thermoscopium* appellavit. Fig. 8. inspice. In brachii horizontalis medietate C existit liquoris colorati columna minimae longitudinis; eidemque brachio adnexa est graduum scala, cujus zero in puncto medio existit, et divisiones in utramque partem se extendunt. Ea est hujus *thermoscopii* sensibilitas, ut si manum alterutro ex globis ad aliquot pedum distantiam admoveas, illico parva liquidi columna versus alterum globum per aliquot lineas pergit: quocirca ut actio unius globuli super alium impediatur, in medio instrumenti lignea tabella FG erigitur. Sunt et alia thermometra, quae *thermometra indice instructa, et thermometrographa* vocantur, quorum ope *maximum* vel *minimum* temperaturae alicujus dati temporis, ex gr. unius diei, etiam absente observatore, obtineri potest; alia denique thermometra apposite construuntur ad explorandam temperaturam locorum, quae immediate a nobis observari nequeunt, ex. gr. marium, lacuum, ac puteorum ad quamlibet profunditatem. Sed de his omnibus consule *Pouillet*, aliosque obvios Physicae Tractatores (1).

510. Hisce de thermometro expositis, ad corporum dilatationem a calorico ortam redeamus. Corpora solida a calorico dilatari probavimus (27). Id ipsum ostendit ad oculum Muschembroekius inventione ejus instrumenti, quod *Pyrometrum* (2) improprie appellavit. Ejus constructio huc redit. Metallica virga AB (Fig. 9.) ex parte extrema A, ope cochleae C firmiter sistitur supra vectem E; ex altera vero parte B libere in foramen vectis F intromittitur,

(1) V. Pouillet Phys. L. VIII. C. 1. n. 511.

(2) A πῦρ, ignis, et μετρον.

et in talem longitudinem se extendit, qua acum G contingat, a qua gradus expansionis super quadrantem H signantur. Virgae metallicae lucerna D subjicitur, cujus ellychnii ubi accenduntur, statim virga dilatari incipit, et acum movere; quae per quadrantem excurrens, varios dilatationis gradus, quam virga a calorico excipit, designat. Pari ratione, adhibitis successive aequalibus virgis diversorum metallorum, diversa eorumdem dilatabilitas explorari potest, posita semper eadem calorici vi. Hac methodo sane, sed exquisitioribus Instrumentis adhibitis, D[ni] Lavoisier, Laplace, Dulong, et Petit quorumdam corporum solidorum dilatationes explorarunt, tabulasque confecerunt, in quibus pro singulis thermometri centigradi gradibus gradus dilatationis diversorum corporum signati sunt. Has tabulas vide in Pouillet (1).

511. Ex iis tabulis manifeste apparet, *solidorum* dilatationem lente admodum procedere; id quod innuit, cohaerentiam, quae inter ipsorum elementa intercedit, esse ingentem; adeoque eorum disgregationi, quam caloricum molitur, se se opponere. Quamvis autem solidorum dilatatio lente procedat, ejus tamen cognitio magni interest artificum omnium, qui Machinas, et instrumenta ad usum vitae necessaria accurate conficere cupiunt, ut haec ad suum finem adamussim respondeant. Ex hac enim caussa fieri potest, ut mensurae lineares metallicae, illae praesertim quae pro modulo habentur, variationem in suis dimensionibus exhibeant, nisi semper ad eamdem temperaturam sumantur, in qua constructae fuerunt. Idem de mensuris geodeticis, quae ope catenae metallicae capiuntur, dicendum. Hoc accurate notandum est, ut opportunae correctiones fiant. Hoc principio etiam nititur constructio *Penduli compensationis*, quod ex variis aequalibus virgis ferri et cupri ita efformari solet, ut quantum altera dilatatur, tantundem et altera densatur, sicque nulla in Penduli longitudine percipitur sensibilis variatio. Idem D. Breguet thermometrum ope lamellarum *compensationis* efformavit, cujus efficacia in indicandis vel minimis dilatationis gradibus est vere mirabilis. Denique D. Vedgewood animadvertens, thermometra omnia quum a liquidorum dilatatione temperaturae varietatem, ac incrementum sumant, inutilia prorsus evadere simul ac in altiori temperatura liquida illa habitum aeriformem adipiscantur, novum Instrumentum construxit, in quo corpora solida adhibentur, quae in altiori quavis temperatura constantem mutationem recipiunt, et eidem ideo designandae quam optime inserviunt: vocari autem solet *Pyrometrum ex argilla, vel Pyrometrum D[ni] Wedgewood*. Principium autem, super quo hoc instrumentum fundatur, est proprietas, qua pollet *creta*, sicut et quaedam alia corpora,

(1) Phys. Lib. II. cap. I. n. 128.

ut arborum et fruticum ligna, animalium membranae, ossa, chartilagines, se se ex calorici actione contrahendi potius, quam dilatandi (1); adeoque via quae hic ad quaesitam determinationem ducit, quum in constructione cylindri argillae inter duas aurichalchi laminas interpositae consistat, ei contraria omnino est, quam in aliis thermometris dilatatio praebet. Maxima, quae hoc Pyrometro temperatura designatur, est vere ingens, aquae ebullientis temperatura 100 vicibus fere major (2). Scala enim hujus thermometri est in gradus 240 divisa; quilibet autem horum graduum 130.° Fahren, vel 72°, 22 C. aequivalet; quamvis aliqui ex accuratioribus observationibus putent, singulos gradus hujus Pyrometri nonnisi 34° C. aequivalere.

512. Sed *liquida* magis, quam solida ex calorici actione dilatantur; eaque dilatatio eo plus augetur, quo liquida magis ad ebullitionem accedunt; nulla tamen certa lex, quam sequatur, assignari potest. Si plura thermometra ex diversis liquidis confecta omnia simul in aquam immittantur, cujus temperatura gradatim elevetur; manifeste apparebit, liquidorum, quae in his continentur, dilatationem non esse uniformem. Dnus Deluc tabulam construxit, ex qua evidenter prospicitur, liquida in variis thermometris contenta, oleum nempe olivarum, oleum essentiale camomillae, aquam, spiritum vini, uno excepto mercurio, *irregulariter* in iisdem temperaturae limitibus dilatari (3). Haec mercurii proprietas, qua fit ut uniformiter dilatetur, caussa est cur in thermometris construendis eo potius, quam aliis liquidis utamur. Aquae dilatatio id habet peculiare, ut ejus volumen a zero incipiendo, dilatatur quidem, sed ad gradum + 4°, 4 C. restringitur, ibique *maximum* suae *densitatis* attingit: hoc autem signo transacto, idem volumen, sicut et in omnibus aliis liquidis, pro temperaturae augmento, augetur. Hinc fit, ut non ad signum 0, sed ad gradum + 4°, 4 C. *maximum densitatis* aquae statuatur (4): id quod accurate notandum est; super hoc enim principio nititur *unitas ponderis* in *Systemate Metrico* Galliae.

513. *Fluida aeriformia* prò singulis thermometri gradibus *aequa-*

(1) Hujus phaenomeni caussa non est adhuc bene cognita: quidam volunt hanc voluminis imminutionem ex eo proficisci, quod aquei vapores ex his corporibus expellantur a calorico: sed perperam omnino; nam id locum haberet in imis tantum, at non in altioribus temperaturis. Potius id alicui speciali minimarum partium cretae, aliorumque similium corporum dispositioni tribuendum censemus, qua fit, ut calorico interveniente, hae particulae se se invicem attrahendo, propius ad se accedant, arctiusque cohaereant.

(2) Vide Pouillet loco citato.

(3) De Luc, Recherches sur les modifications de l'atmosphère p. 271.

(4) Inde petitur ratio, propter quam glacies aliquando supernatet aquae, cujus temperatura ad aliquot gradus supra *o* attollatur; fundum autem petat, si aqua fuerit destillata, temperaturam habens graduum 30, vel 35 C.

biliter magis quam liquida dilatantur. Non aliae sane caussae id tribuendum est, nisi minimae cohaerentiae, quae inter horum fluidorum particulas intercedit, qua fit, ut nullam calorico in ipsis *latenti* vel *combinato* resistentiam objiciant. Nec fluidorum aeriformium dumtaxat, sed et vaporum dilatatio, donec ad statum liquidum non reducantur, eamdem uniformitatis legem sequitur, ut multis experimentis ostendit D. Gay-Lussac, quae D. Dalton postea confirmavit. Attamen inficiandum non est, nostris hisce diebus D. Magnus in Germania, et D. Regnault in Gallia permultis argumentis demonstrasse, hanc legem aliquando quidem, at non semper etiam in his fluidis, locum habere.

514. Quoniam autem aucta corporum temperatura, eorumdem dilatatio ac proinde volumen augetur, eadem tamen manente gravitate; sequitur etiam, ipsorum densitatem (quam minui diximus prout dilatatio crescit) immutari debere. Hinc si corporum densitates comparare velimus, ad eumdem temperaturae gradum, qui fere in thermometri *zero* constitui solet, eadem corpora revocare debemus; ita ut generatim pro certo haberi possit, *maximum* densitatis reperiri ubi corpora ad frigoris *maximum* reducantur. Neque huic legi obstant ea corpora, quorum volumen, dum congelantur, augetur: id enim non alia ratione fieri, nisi ex eo, quod eorum particulae se se ad quosdam determinatos situs componant, uti evenit in aquae crystallisatione, hodie est res omnibus notissima.

515. Corporum *dilatatio*, de qua huc usque sermonem fecimus, non est nisi primus calorici vim cohaesionis corporum destruere nitentis effectus. At dum calorici actio magis augetur, cohaesio amplius minuitur, aliique sequuntur effectus, qui majorem merentur considerationem. Inter eos vere magni momenti est ille, quo corpora solida *liquantur*, unde sequitur eorumdem perfecta *fluiditas*. Et re quidem vera, corpora, ob cohaesionis vim, perfecta semper duritie, ac soliditate donarentur; dum porro caloricum accedit, quod in eorumdem particulas suam *vim repellentem* exerit, statim veluti certamen inter hanc, et vim oppositam cohaesionis instituitur: donec vis repellens minor extiterit, alia debilitatur et corpora *dilatantur* tantum; quae dilatatio ita est comparata, ut nulla mutatio in corporis statu sensibus percipienda appareat: si vero calorici quantitas augeatur, solutae cohaesionis indicia apparere incipient, ac *mollitudo* exorietur, quae in *perfectam liquiditatem* abire tandem debet, quum calorici vis repellens ita supra vim cohaesionis excedens evaserit, ipsamque debilitaverit, ut facile corporum particulae acceptum motum retineant, expeditamque inter se agitationem sustinere valeant. Ubi res huc pervenerit, praesens adhuc inter particulas intelligendum est cohaesionis residuum, quo prima

corporis aggregatio necdum penitus abolita est; id quod tamen tunc fit, quum calorici vis eo pervenerit, ut non modo descriptum hactenus adhaesionis residuum, verum etiam pressionem ambientis aeris superet. In hoc casu corpus liquidum *statum aeriformem* assumit.

516. Hoc, quod diximus, exemplis confirmari potest, quae jugiter sub oculis habemus. Aqua, ex. gr., dum aeris temperatura *zero* thermometrico designatur, corpus repraesentat solidum, quod *gelu*, seu *glacies* vocatur. Si thermometri, ac proinde ambientis aeris temperatura elevetur, perit durities, funditur gelu in liquidum, sive in aquam proprie dictam, cujus particulae facile inter se moventur. Si haec temperatura eo producatur, ut mercurius in thermometro Reaumuriano gradum 80.°, vel in Centigrado gradum 100.° designet, et altitudo atmosphaerae, in qua experimentum instituitur simul media sit (506); illico ambientis aeris pressio a vi repellente calorici superabitur, ac ejusdem aquae particulae a se invicem repulsae in *vaporem*, sive in *fluidum permanenti elasticitate praeditum* convertentur. Idem etiam effectus obtinebitur, minori etiam reddita temperatura, dummodo atmosphaerae pressio imminuatur sive ex ejus imminuta altitudine, sive quum rarior evadit, ut in altioribus montibus, vel in vacuo Boyleano fieri semper conspicimus. Quod vero de aqua dictum est, de reliquis etiam corporibus, sub dato respectu, affirmari debet. Diximus *sub dato respectu*, eo quod ob varium vigorem cohaesionis, et adfinitatis, qua diversorum corporum partes uniuntur, diversas, caeteris paribus, temperaturas illa expostulant, ut descriptas subeant mutationes. Alia quidem sunt, quorum partes quum majori vi inter se cohaereant, altiori temperatura indigent, ut fundantur, ac *liquida* fiant; alia vero sunt, quae in temperatura, in qua vivimus, nec non in inferiori, non modo *liquiditatem*, verum etiam *fluiditatem* nanciscuntur: ex quo fit, ut in hac eadem temperatura alia nonnisi *dura*, alia *liquida*, alia *fluida perenni elasticitate praedita* nobis jugiter appareant. Sequens tabula indicat thermometri Centigradi punctum, in quo aliquae substantiae funduntur, ac liquescunt.

Mercurius.	— 39°	Stannum	+ 230°
Oleum therebintinae .	— 10	Bismuthum . . .	+ 256
Glacies	0	Plumbum	+ 330
Oleum olivarum . .	+ 10	Cuprum	+ 900
Adeps Suis. . . .	+ 27	Argentum puriss. .	+ 1000
Sebum	+ 33	Aurum puriss. . .	+ 1250
Cera	+ 62	Chalybs.	+ 1400
Sulphur	+ 109	Ferrum.	+ 1600

Ex hac tabula liquido colligi posse videtur, nullum esse corpus, quod ex natura sua *fundi*, seu *liquefieri* non valeat. D. Gaudin fu-

dit etiam lapidem illum subnigrum, quem *gres* appellant, ex eoque vitream obtinuit substantiam, quam in fila flexibilia distendit. Dicuntur tamen *refractariae* omnes illae substantiae, quibus liquefaciendis nullus hactenus inventus est modus.

517. Pari ratione ex eadem analogia asserere possumus, fluida aeriformia nihil aliud esse, quam liquida, quae a calore in eo statu aeriformi detinentur. Eorum plurima reapse a Chemicis in statum liquidum densata fuere ope frigoris, ac vehementis pressionis; id quod innuit, reliqua etiam ad eumdem statum reduci posse, ubi caussas densationis augere valeamus. Sed et solida quaecumque, ex calorici subtractione, restringuntur, duriora evadunt, frangi melius possunt, minus pressioni cedunt, eorumque minimarum partium adhaesio maxima evadit. Hoc sane fundamento pro certo existimare possumus, corporum statum liquidum, ac fluidum, seu aeriformem, a *calorico* plane originem ducere; adeoque nisi haec caussa adesset, nihil aliud quam corpora solida in rerum natura existerent; quemadmodum aliunde non requiritur, nisi determinata quaedam calorici intensitas, ut quorumcumque corporum cohaerentia destruatur, et in liquida primum, deinde in vapores omnia abeant. Caloricum itaque in natura spectari potest, prout est reapse, maximum, ac praecipuum principium omnis generationis, et eversionis; otiosa siquidem et effoeta esset rerum omnium universitas absque illius adminiculo, quod omnia movet, et vivificat.

518. Ubi liquidum aliquod incalescit, caloricum pervadens vas, et liquidum ipsum, hujus particulas vertit in fluidum elasticum aeriforme, quod in bullulas congestum prope vasis fundum, cui ignis directe applicatur, et levius effectum, totam liquidi massam celeriter permeare nititur, et foras non sine magno murmure ac strepitu erumpere. Hic motus liquidi tumultuosus, qui in liquidis ex subita vaporis formatione oritur, liquidorum *ebullitio* appellari solet. Ut itaque liquida ebulliant, ea calorici quantitas requiritur, quae non modo partium cohaesionem vincat, verum etiam aeris superincumbentis pressionem. Hinc variata atmosphaerae pressione, non iidem requiruntur calorici gradus pro ebullitione. Experientia namque testatur, aquam sub Machinae Pneumaticae recipiente eo citius ebullire, et sub minori calorici gradu, quo exactius inde aer exhauriatur;et e contrario in imis vallibus tardius ebullire ob auctam superincumbentis aereae columnae pressionem: reipsa Dus Saussure in eo Alpium cacumine, quod vulgo *Monte Bianco* appellatur, observavit, aquam ebullire ad 84.°C. Plurima alia experimenta super altiores montes capta eamdem veritatem confirmarunt. Si vero aliqua ratione atmosphaerae pressio augeri possit, videbimus liquida difficilius ebullire, ac proinde difficilius etiam in fluida, et aeriformia

converti. Luculenter hoc demonstratur ope *cacabi Papini (la pignatta di Papino)*, qui est vas metallicum maxime solidum, cujus inferior pars aqua repletur, superior vero clauditur operculo cochleis fixo. Vas istud eousque incalcfieri potest, donec incandescat, quin tamen aqua in eo contenta ebulliat: prout enim vapor efformatur, ingentem *tensionem* acquirit pluribus atmosphaeris aequalem; eaque in liquidi superficiem premens, in tota hujus massa sensibilem quidem excitat calorem, sed ebullitionem impedit. Si vapori sic efformato liber exitus permittatur, magna cum vehementia inde exiliet, jactumque efficiet 20, vel 30 pedum longitudinis. Ex diversis observationibus constat, sub consueta nostrarum regionum pressione, quam a pollicibus 27$\frac{1}{2}$ Barometri designari diximus (506), liquida sequentia ad hos therm. centigr. gradus ebullire; nempe,

Aether sulphuricus ebullit ad grad. . . .	37°
Alcohol.	78°
Aqua	100°
Oleum therebintinae	157°
Sulphur.	299°
Oleum lini	316°
Mercurius.	350°

519. At non modo pro varia atmosphaerae pressione ebullitio ad diversos gradus evenire potest; verum aliae etiam adsunt caussae, quae illam accelerare vel retardare possunt. Et re quidem vera, experientia nos docet, liquida quo sunt viscosiora, eo majores calorici gradus requirere ut ebulliant. Praeterea, pro diversa materia ex qua conflata sunt vasa, in quibus liquida ebulliunt, ebullitionis gradus varius esse potest. Physicis namque hodie notum est liquida celerius ebullire in vasis metallicis, quam in vasis vitreis. Idem dicendum de diversa crassitie parietum vasis. Substantiae etiam, quae in liquidis chemice combinatae inveniri possunt, uti sunt omnes sales solubiles, liquidorum ebullitionem retardant. Item quo altius est vas liquido repletum, major est numerus stratorum liquidi, quae ideo pressionem augent: quocirca liquidi partes prope fundum existentes, ut ebulliant, superare debent non modo atmosphaerae pressionem, verum etiam totam pressionem liquidi superincumbentis, quae tanta est, ut si ex. gr. magnum quoddam vas aqua repleatur usque ad altitudinem 32 pedum, strata prope fundum pressionem duabus atmosphaeris aequalem sustinerent (324); adeoque ex observationibus DD. Dulong et Arago, ut ebullire possint, temperaturam graduum 121. C. requirerent, dum pro ebullitione stratorum in superficie existentium sufficit temperatura 100. C. Inde fit, ut aqua dum prope fundum calefit, dilatetur, et in bullulas convertatur; istae vero, leviores effectae, superiora petant; ibi-

que incurrentes in temperaturam 100.° C. minorem, raptim densentur, et calorem ebullitioni necessarium amittant. Ex hac rapida bullularum densatione antequam strata superiora temperaturam ebullitioni aptam acquisierint, murmur illud ac strepitus oriri videntur, quae liquidorum ebullitionem praecedunt. Hanc bullularum efformationem oculis perspicere possumus, si in vase vitreo aquam vel liquidum quodcumque ebullire faciamus. Notandum denique, toto tempore, quo liquida ebulliunt, eorum temperaturam semper eamdem manere, utcumque ignis vasi subjectus foveatur; id quod manifeste probat, novum caloricum superveniens ab aqua absorberi, dum in vaporem convertitur. Hinc explicatur, cur vasis fundus calidior sit prope ebullitionem aquae, quam dum haec reapse ebullit. Caloricum enim minus facile in priori casu pervadit superius aquae stratum, quam in posteriori: regreditur itaque, et in vasis fundo accumulatur, majoremque idcirco in eodem exhibet calorem. Item in priori casu evaporatio est minor, ac minus proinde calorici impenditur.

520. *Evaporatio* fit, quum substantiae liquidae ope calorici separantur, attenuantur, leviores evadunt, et simul cum illo avolant. In hoc ab ebullitione discriminatur; quod in ebullitione vapores efformantur in ipsa liquidorum substantia; in evaporatione vero iidem in libera liquidorum superficie efformantur. Ipsam quidam Physici a *vaporatione* distinguunt, quatenus haec majorem postulat calorici gradum, quo fluidum reddatur aeriforme. Quaevis sive evaporatio, sive vaporatio, fit impendio calorici. Si thermometri alicujus globulum gossipio in aethere sulphurico antea infuso cooperias, ac deinde vehementer in aere thermometrum agites, statim mercurium in ipso deprimi videbis, et gradum—15.° attingere. Manifeste hinc apparet, aetheris vaporationem non fieri, nisi impendio calorici subtracti mercurio globuli, cum quo est in contactu. Haec est ratio, cur frigoris sensationem experiamur, ubi super aliquam corporis nostri partem guttulae alicujus liquidi effundantur, cujus evaporatio prompte succedat. Hinc homo sudore madefactus, si nudus vento sicco ac tepenti exponatur, ingens frigus, ob evaporationem ejus humoris, persentiscit. Ob eamdem rationem fieri etiam potest, ut homo in ferventissimo sole aestivo positus a frigore intereat. Si namque corpus ejus illinias liquore tepido valde inflammabili, ac deinde illum sic nudum Soli exponas, maxima excitabitur evaporatio terribili comitata frigore, unde extinctus ille decidet. Hinc aliquando evenisse notum est, ut quidam homines itinere, vel labore fatigati, qui sudore madefacti aestivo tempore, dum ventus siccus spirabat, se dederunt somno, brevi tempore prorsus gelascentes interierint. Intelligitur quoque cur aqua in amphoris ex simplici creta porosa efformatis frigida servetur, etiam quando ae-

state maximi calores esse solent. Aqua enim in his contenta, per ipsorum poros se se insinuat, et in guttulas per externam eorum superficiem diffluit: hae guttulae evaporantur impendio calorici, quod tum vasis, tum aquae in ipsis contentae subtrahunt; quumque evaporatio tamdiu perduret, quamdiu aqua in his servatur, facile concipitur, ipsam refrigescere debere. Hispani his vasis utuntur, quae eorum lingua *alcarazas* vocantur. D^nus Leslie hoc nisus principio, glaciem artificiose confecit in atmosphaera, cujus temperatura elatior erat, quam glaciei efformandae necessaria est. Hujus phaenomeni specimen habere poteris, si sub Machinae Pneumaticae recipiente amplum vas vitreum acido sulphurico vel alcali caustico repletum collocaveris, cui superimponas appositi sustentaculi ope exilissimam lancem metallicam, in qua parva aquae quantitas contineatur. Prout aer e recipiente educitur, aqua in vaporis bullulas attollitur; quumque hae duae acidorum species facultate gaudeant in se absorbendi aqueos vapores, bullulae istae ab acido sulphurico statim absorbentur; et post aliquot minutorum intervallum quasdam glaciei acus in lance efformari videbis: quod si leviter lancem concutias, tota aqua in illa contenta in glaciem convertetur (1). In Meteorologia de omnibus phaenomenis loquemur, quae a vaporum formatione originem ducunt.

521. Ex constanti experientia compertum est, liquida aperto aeri diu exposita, sensim ita decrescere, ut demum omnis eorum substantia evanescat: ex quo manifeste apparet, liquida omnia suum statum mutare, invisibilia evadere, vimque expansivam, ut omnia fluida aeriformia, acquirere. Veteres putabant, vapores efformari in liquidorum superficie ob aeris actionem solventem, eamdemque caussam necessario requiri ut in atmosphaera suspensi iidem detineantur. At post Machinae Pneumaticae inventionem pluribus experimentis demonstratum fuit, eosdem in vacuo celerius quam in aere efformari, et *vi expansiva*, seu *tensione* sibi propria praeditos esse; ex qua fit, ut parva vaporis quantitas, remotis obstaculis, quibus constringitur, volumen indefinite crescens acquirere possit, quod pressionem quamdam contra parietes vasis, in quo includitur, exerceat. Haec autem tensio suos limites habet: videmus enim vapores, si indefinite comprimantur, *densari*, et in liquida converti, quin majorem vim elasticam acquirant. Hic resistentiae limes, ultra quem vapor, quin amplius volumen acquirat, in liquidum potius convertitur, *maximum tensionis* appellatur; et pro diversitate liquidorum evaporantium est diversum. Generatim statui potest, *vaporum tensiones esse in ratione voluminum inversa*; eosdemque saltem intra quosdam limites, ut reliqua fluida elastica, secundum Mariotti

(1) Vide Pouillet Phys. L. II. Cap. IV n.° 156

Legem (325) comprimi. Eadem tensio maxima crescit etiam pront temperatura augetur: videmus enim aqueum vaporem, qui in consueta aeris temperatura (scilicet 10.° vel 12.° C.) a lacuum, vel maris superficie lente evolat, parva ac tenuissima tensione donari; hanc majorem evadere pro majori temperaturae augmento; denique si temperatura eousque augeatur ut liquidum *ebulliat*, vaporis tensionem uni atmosphaerae aequalem esse comperies; nempe ita esse comparatam, ut mercurii columnam barometricam 760^{mm}, seu 28 pollic. aequalem sustinere valeat. Hinc pluribus captis experimentis, Dni Dulong, et Arago, et novissime Dni Regnault et Pouillet tabulas confecerunt, in quibus designatae inveniuntur tensiones maximae vaporis aquei pro temperatura singulorum graduum thermometri centigradi a 0° usque ad 100°. Ex his tabulis liquet, vim elasticam, seu tensionem vaporis aquei in temperatura 0.°C. cum mercurii columna 0,2 pollic. anglic., seu 5,059^{mm} ad aequilibrium sese componere; ad temperaturam 50.° C. aequilibrium facere cum 3,5 pollic. anglic., seu 88, 743^{mm}; in temperatura denique 100.° C. aequilibrium haberi cum 30 pollic. anglic., seu 28 pollic. commun., seu denique cum 760^{mm}; scilicet cum pressione unius atmosphaerae. Tabulae istae descriptae inveniuntur in Physica Dni Pouillet (1). Ex tabula secunda ibidem descripta liquet, ad temperaturam graduum 121°,4 vaporis tensionem esse duabus atmosphaeris aequalem; ad temperaturam 135°,1, tensionem esse aequalem 3 atmósphaeris; ad temperaturam 146°,4, esse aequalem 4 atmosphaeris; ad gradus 153°, 08, tensionem esse aequalem 5 atmosphaeris, etc. In temperatura graduum 100.° C., et sub pressione unius atmosphaerae, vapor spatium occupat, quod 1700 vicibus superat spatium aquae ad temperaturam 0.°, ex qua efformatus est; et si aliquo modo fieri possit, ut volumen vaporis idem ac aquae volumen remaneat, ejus *tensio* crescet in ratione 1:152. In hoc casu vis vaporis est adeo ingens, ut illam aliquando vincat, quae in pulveris pyrii explosione enodatur. Ex supputationibus Dni Vauban patet, aquae libras 130 in vaporem celerrime redactas explosionem adeo vehementem gignere posse, ut haec sit ad illam, quam 130 pulveris pyrii librae gignerent, ut est 385: 150. Permaxima tamen differentia inter duas has vires existit. In pulveris pyrii explosione neque effectus impediri, nec pressio minui potest: at si vaporis aquei in aliquo recipiente constricti vis expansiva adeo creverit, ut recipientis parietes maximo impetu disrumpere valeat, haec minui, et ad nihilum redigi potest, aquae frigidae quantitatem in idem recipiens effundendo; tunc enim vapor statim densatur, ejusque vis illico minuitur, et cessat. Reviviscere autem potest, positis iisdem, quae antea, circumstan-

(1) Lib. II. Cap. II. n. 144.

tiis; et iterum destrui ex aquae frigidae effusione. Haec alterna vicissitudo efformationis, et destructionis aquei vaporis, quae magis aut minus rapida, vel varia ad libitum reddi potest, est principium generale, quo nititur constructio Machinarum vapore motarum, quae vulgo *Macchine a vapore* dicuntur, quaeque hodie passim adhibentur tum in extrahenda aqua e puteis, et carbonibus fossilibus e fodinis, tum in movendis moletrinorum, vel aliorum opificiorum rotis, tum in cudendis nummis, tum denique in navibus per mare, etiam adverso vento, vehendis, et curribus per vias ferreas transferendis.

522. Leges nobis impositae non sinunt ut hujusmodi Machinarum peculiarem, et accuratam descriptionem hic afferamus; earum nempe cognitio ex *Mechanicae*, ut ajunt, *applicatae* Tractatibus est haurienda. Sufficiat tamen hic indicasse, aqueum vaporem duplici modo ad movenda corpora adhiberi posse, nempe vel ejus torrentem dirigendo ad urgendam alicujus rotae superficiem, vel illum in aliquo recipiente densando, ut ejus vis elastica regulariter directa machinis motum imprimere possit. Prior ratio illum adhibendi nullius vel parvae foret utilitatis; quum enim quantitas motus sit factum ex massa et celeritate (62); quumque vaporis massa sit semper exigua, quantumvis foret ejus celeritas, vim adeo tenuem semper gigneret, ut haec ad movendum rotam, vel aliud quodcumque mechanicum instrumentum insufficiens esset. Quare de adhibenda *vi elastica*, seu tensione aquei vaporis ad hunc motum producendum Physici cogitarunt: ea est enim hujus tensionis natura, ut indefinite augeri possit, augendo temperaturam vaporis in aliquo recipiente constricti; et statim minui potest, atque ad nihilum redigi, aquae frigidae quantitatem in idem recipiens affundendo (521). Hoc principio nititur usus aquei vaporis in machinis movendis. Omnes enim Machinae hujus generis, ideo moventur, quia vapor ex aheno in quo efformatur, in quemdam cylindrum embolo instructum immissus, hunc embolum ex vi sua expansiva usque ad datam altitudinem extollit; deinde ex alio receptaculo opportune disposito facta ibidem aquae frigidae injectione, vaporis vis elastica destruitur, embolusque idcirco statim demittitur sive ex actione sui ponderis, sive ex sola atmosphaerae pressione. Hoc facto, ex nova vaporis immissione embolus iterum statim extollitur, statimque ob novam aquae frigidae affusionem iterum demittitur: et ex hac jugi vaporis efformatione et destructione oritur motus alternus ac continuus in embolo, cujus vectis alio vecti incurvo et angulari adnexus est, in quo motum volventem continuum gignit. Progressu temporis, ut major effectus obtineretur, ad deprimendum embolum adhibita fuit actio ipsius vaporis, qui in cylindrum ex parte inferiori ingreditur ad embolum extollendum, et ex parte superiori intromittitur ad

illum deprimendum: sicque embolus extollitur et deprimitur ob duplicem ejusdem vaporis actionem, exclusa quacumque atmosphaerae pressione. Hujus generis Machinae, quae vulgo hodie in viis ferreis adhibentur, dici solent *a doppio effetto*: illae vero, quae priori ratione moventur, dicuntur *a semplice effetto* (1).

(1) Tria ejusmodi Machinarum systemata Dnus Coriolis enumerat, prout vel sola vaporis actio consideratur, vel ratio qua motum transmittunt, vel denique ipsarum machinarum mobilitas. Hac posteriori ratione inspectae, machinae vel sunt *fixae*, et variis usibus inserviunt; nempe ad hauriendam e puteis vel fluminibus aquam, carbones fossiles e fodinis etc.; vel sunt *mobiles*, et ex uno in alium locum vehi possunt ope alterius motoris; ac tum in vehendis navibus adhibentur, et *battelli a vapore* vocantur; tum currus per vias ferreas transferunt, et *locomotive* appellantur. Longum esset inquirere quisnam fuerit primus, cui in mentem venerit, vaporem tamquam vim motricem adhiberi posse. Ex veterum scriptorum testimonio, Ægyptiis, Graecis, et Romanis plurima vaporis phaenomena innotuerunt, sed ipsius vim industria humana refraenari ac dirigi posse illi ne cogitaverunt quidem. Vaporis magna vis post *eolipilae* inventionem primitus comperta fuit; scimus autem eolipilam instrumentum esse antiquissimum; nam Vitruvius hujus instrumenti exemplum in subsidium vocat, ut ventorum vim explicet. Angli Scriptores Angliae Physicis ejusmodi Machinarum vapore motarum tum inventionem, tum perfectionem vindicant. At perperam omnino. Dnus Arago luce meridiana clarius (*Connoissance des Temps*, 1829.) demonstravit, neque Marchioni de Worcester, neque Savery, neque Newcomen, neque alicui cuidam Anglo hujus inventionis gloriam adscribendam: nam Hero Alexandrinus 120 annis ante Christum natum, Blasco de Garay anno 1543, Salomon de Caus in Gallia anno 1615, et Branca in Italia anno 1629 praecipuos vaporis effectus jam descripserant, et modum, quo tamquam vis motrix adhiberi possit, excogitaverant; dum tamen Marchio de Worcester in suo libro, cui titulus *Century of inventions* anno 1663 edito, hac de re obscure et confuse loquebatur. Gallus Dionysius Papin annis 1690, et 1695 primus fuit, qui hujusmodi Machinae, quae vapore moveri possit, descriptionem dedit. Nonnisi post hunc Anglus Savery anno 1698 ejus generis machinam ad hauriendam aquam primus adhibuit. Denique an. 1705 Newcomen privilegium impetravit pro construenda hujusmodi machina, quam *atmosphaericam* vocandam censuit; et Henricus Beighton, qui anno 1744 obiit, illam perfecit, ac quasdem edidit supputationes circa vaporis proprietates. Jonatas Hulls naviculam machina atmosphaerica Dni Newcomen anno 1737 movere proposuit; Smeaton hanc eamdem machinam atmosphaericam plurimis additamentis auxit, et locupletavit, machinamque locomotivam concinnavit. Anno denique 1739 ortus est illustris Watt, qui tam longe omnes alios praetergressus est, ut machinarum vapore motarum *inventor*, et *parens* jure merito habeatur: ex hujus namque studiis et laboribus factum est, ut ejus generis Machinae, quarum usus jam antea paucissimis artificibus theoretice potius perspectus erat, ab omnibus passim adhiberentur, et navigationi, ac commercio ingens commodum, atque utilitatem afferrent, ut cuique nunc notum est. In hac praeclara opera navanda, socium habuit Bouton, qui nullis cedens obstaculis, in his experimentis conficiendis omnes suas contulit opes. Vaporem in apposito vase ab aliis sejuncto densandum, eumdemque pressionis atmosphaericae loco adhibendum censuit; haec autem duo Dni Watt additamenta occasionem Mechanicis dederunt, ut brevi Machinas hujusmodi ad illam proveherent perfectionem, quam nostris diebus perspicimus. Post Watt, Marchio de Jouffroy anno 1782 in Gallia, in Anglia vero Miller anno 1788, et Symington anno 1801 ingentes naves vapore movendas construxerunt, quas tamen nonnisi anno 1807 Fulton in America, et Bell anno 1810 in Anglia oceani aquis commiserunt. Etiam Italia in his tentaminibus aliquam operam contulit; nam Serati in quibusdam Epistolis Florentiae anno 1797 editis, de quadam navicula loquitur, quae ex vaporis actione Padum amnem excurrebat. Deinde paucis abhinc annis Cartwright, Nicholson, Bramah, Blakey etc. rationem accuratiorem easdem construendi invexerunt; et huic argumento plurimam lucem attulerunt lucubrationes DD. Prony, Betaucourt, Banks,

523. Postquam aquei vapores ut Machinarum principium movens adhiberi coeperunt, data opera Physici eorum *tensionem maximam* pluribus diversisque modis aestimare aggressi sunt. Primus, qui elapso saeculo huic rei operam dedit, fuit D. Robinson; deinde D. Dalton anno 1802 accuratiora instituit experimenta inter gradus 0.° et 100.° C.; Doctor Ure Glascoviensis anno 1818 (1) haec eadem experimenta ad gradus 155.° C. extendit; Southern vero hanc ipsam tensionem in elatioribus temperaturis expendit: novissime vero Dulong et Arago, Magnus et Regnault eorumdem experimenta illationesque recuderunt. Modus ejusdem tensionis maximae aestimandae est varius; sed praecipuus ad hunc redigitur; aestimari nempe potest vis elastica vaporis ex depressione mercurii in barometro, in quod vaporis columna suam exercet actionem; haec tamen methodus adhiberi potest tantum pro aestimandis tensionibus, quae unicam atmosphaeram non excedunt; quare ad alias methodos confugiendum est, quas videsis in Pouillet, loco superius citato.

524. Tabulae, de quibus antea (521) mentionem fecimus, non aestimandae tantum aquei vaporis tensioni, data temperatura, inserviunt, et viceversa; sed pro aestimanda etiam vaporum, qui ex aliis liquidis efformantur, tensione inservire possunt. Id facile obtinetur, si in censum veniat Lex, quam Dalton primus edixit, *in omnibus nempe liquidis, vim elasticam, seu tensionem, qua vapores praediti sunt, esse camdem in puncto, in quo singula liquida ebulliunt*. Quapropter, quum aqua ad 100.° C. ebulliat, alcohol vero ad 78.° C., mercurius ad 350.° C.; manifestum erit, vapores ex his efformatos in singulis ebullitionis punctis eamdem habere tensionem. Hinc si scire cupias, ex. gr. vaporis alcoholici tensionem ad gradus 58.°,

Robinson, Dalton, Southern, Clemeot, Ure, Desorms etc. Primus autem, qui vaporem ad currus supra vias ferreas vehendos adhiberi posse excogitavit, fuit Doct. Robinson; attamen ejus propositum opere compleveruut anno 1804 Trewithik, et Vivian, qui machinae hujus effectus super viam ferream, quae Metyr Tidvit existebat, explorarunt. Anoo 1811 Bliokinsop, ut carboues fossiles a civitate Middleton ad civitatem Leed transveheret, curribus vapore motis usus est: anno 1816 Losh et Stephenson privilegium quaesierunt, et obtinuerunt pro iis perficiendis: ex eo autem tempore in America, et Anglia innumerae viae ferreae constructae sunt, cujus ope ingentes distaotiae evanuerunt, commercium auctum fuit, et illae duae Nationes prae omnibus aliis mundi Regionibus potentia, opibus, ac divitiis florent. Inclytus Ferdinandus II. Neapolis et Siciliae Rex primus io Italia viam ferream construendam jussit, quae Civitatem Neapolis cum Regni praecipuis Provinciis conjungeret; ejus exemplum secutus est Magnus Hetruriae Dux; deinde Austriae Imperator pro instituenda commuoicatione Veoetias inter ac Mediulanum, aliasque ejusdem Ditionis praecipuas Civitates; jamque spes affulget, fore tempus, in quo omnes mundi regiones his mediis brevissimo temporis intervallo peragrari poterunt. Sed hoc super argumento videsis Prony in *Architectura Hydraulica*, et *Dictionarium Techonologicum universale T. XIV*. Art. Vapore.

(1) In hac Scotiae Civitate anno 1810 prima Europae navis vapore mota fabricata fuit.

nempe ad 20° gradus infra suae ebullitionis punctum, quaeres in tabula vaporis aquei tensionem maximam gradum 100 — 20 = 80°, quae quum aequalis sit 352, 080^{mm}, hic numerus etiam vaporis alcoholici tensionem maximam ad gradus 58° indigitabit. Reliqua videri possunt in saepius laudata Physica Pouilleti. n. 145.

525. Jam Academici Florentini *del Cimento* observaverant, corpora, ubi a statu solido ad statum liquidum, et ex hoc ad statum aeriformem transeunt, quamdam *absorbere* calorici quantitatem, quae nec sensus afficere, nec mutationem inducere solet in thermometra, quibus in explorandis diversis caloris gradibus utimur. Haec calorici portio a corporibus sic epota, ut insensibilis prorsus evadat, *caloricum latens* cum D. Blak dicitur; latet enimvero, et absconditur thermometro, ac nostris sensibus: quae vero calorici pars conspiciendam se praebet, et in sensus nostros, ac in thermometra agit, *calorici liberi*, seu *sensibilis* nomen obtinet. Ut exemplis hoc illustremus, sit in aliquo vase libra una glaciei, cujus temperatura adaequet gradum 0.° thermometri Centigradi: infundas, velim, supra glaciem aequale pondus aquae, nempe libram unam, cujus temperatura sit graduum 75.° C.; videbis glaciem quidem fundi, ac in aquam dissolvi; sed thermometrum in illam immissum non ascendere ultra 0.° Equidem, si aquae, cujus temperatura est graduum 75°, permiscuisses aequale pondus aquae, cujus temperatura fuerit=0.°, invenisses, hujus mixtionis temperaturam esse=37°, 5, medietatem nempe summae, quam earum temperaturae efficiunt; id quod in omnibus aliis mixturis ex aequalibus voluminibus conflatis semper evenire debet. Atqui in nostro experimento, aqua, cujus temperatura est graduum 75.°, fundit equale glaciei pondus, et mixtionis temperatura evadit = 0.°; patet igitur, hujus glaciei quantitatem, quum funditur, tantum calorici absorbere, quantum deperditur ab aequali aquae massa quum refrigeratur a gradu 75.° ad gradum 0.°, seu quantum eadem aquae massa requirit, ut a 0.° ad 75.° gradus pertranseat. Hoc numero 75.° indicatur glaciei *caloricum latens*, quod scilicet nec in sensus, nec in thermometrum agit. Pari ratione aquei vaporis caloricum latens Physici investigarunt. Invenit Southern caloricum, quod datum pondus aquei vaporis cedit, esse tale, ut aequalis ponderis aquae temperaturam a 108.° gradibus ad gradus 531°, 26 elevet, seu ad gradus 631°, 26, si hujus aquae temperatura sit = 0°. Dulong pro calorico latente vaporis aquei numerum 543° assignat. Despretz invenit pro aethere numerum 91.°; pro alcohol numerum 208.°; et numerum 77.° pro oleo essentiali therebintinae. Ex quo manifeste apparet, fluida plus calorici latentis continere, quam liquida, liquida vero plus quam solida.

526. Caloricum triplici sub aspectu in corporibus considerari po-

test, in statu scilicet *combinato*, in statu *latente*, et in statu *libero*. Caloricum dicitur in corporibus *combinatum*, si ita corporum partibus intime adhaereat, ut illae absque illius interventu corpora constituere nequeant; eaque calorici portio *sola actione chemica* evolvi potest a corporibus, quae idcirco propriam naturam immutant, ut evenit in omnibus chemicis combinationibus, in quibus temperatura augetur, ob caloricum antea combinatum, quod in hoc casu evolvitur, et sensibus fit conspicuum. Caloricum *latens* non ita intime consociatur partibus corporum, quemadmodum caloricum combinatum, sed in illis existit ut aqua in spongia, et sola adhaesione illis conjungitur, ita ut facile ex quacumque actione *mechanica* vel *physica* inde expelli possit: reipsa quidem dum vapores densantur, vel liquida gelascunt, vel denique dum metalla e fusionis statu ad statum solidum transeunt, caloricum latens iterum ab illis evolvitur, et *liberum* evadit. Hoc caloricum liberum, ut diximus (524), est illud, quo corpora supersaturantur, quodque in alia contigua libere diffunditur absque virium externarum interventu, agitque super thermometra, et mensurae est capax. Quum itaque ubi corpora a statu solido ad statum liquidum, vel ex hoc ad statum fluidum transeunt, quaedam calorici quantitas *evanescat* et *latens* evadat; ubi vero a statu fluido ad liquidum, et ex hoc ad solidum redeunt, caloricum jam latens denuo appareat, et *liberum* evadat; tamquam principium certum statuere possumus, *omnem status mutationem, quam corpora subeunt, semper vel absorbere, vel emittere aliquam calorici quantitatem*; et ita quidem ut dum a statu solido ad liquidum vel fluidum transeunt, caloricum *absorbeant*; illud viceversa *emittant*, et *liberum* reddant, dum contrariam subeunt mutationem. Ex hac D. Blak theoria, et ex alia eidem concomitanti, de diversa scilicet *capacitate*, quam corpora habent, calorici recipiendi (de qua capite sequenti) maximum lumen calorici theoriam recepisse, extra omnem dubitationis aleam reponendum est; quemadmodum etiam hae sunt, quae praecipuas suppeditant rationes, quibus nituntur Physici, qui caloricum tamquam substantiam materialem spectant magis etiam, ac ipsam lucem, cum qua in suo statu radiante permultam, ut vidimus, habet analogiam. Ingenue tamen est fatendum, hanc calorici latentis theoriam non omni, qua par erat, diligentia fuisse hactenus a Physicis pertractatam, quamvis hujus principia sint maximi momenti in dirigendis machinis, quae actione vaporis moventur; quae quidem ad perfectionis apicem reduci possent, ubi ampliorem, ac uberiorem notitiam calorici latentis diversorum vaporum haberemus.

CAPUT QUARTUM

DE CALORIMETRIA, SEU DE CALORICO SPECIFICO.

527. Experimenta a Physicis capta circa varios temperaturae gradus, quibus corpora praedita esse possunt, luculenter probant, in calorici diffusione non eadem quantitate opus esse, ut omnia corpora eamdem temperaturam acquirant; sed pro varia affinitate, qua caloricum in diversa tendit, variam etiam esse illius quantitatem in corporibus existentem. Ex quo fit ut eadem calorici quantitas varias inducere possit in eamdem temperaturam mutationes; adeoque hic non valet principium illud : *eadem caussa eosdem producit effectus*. Sic si libra aquae ebullientis, cujus temperatura gradu 100.° designatur in thermometro Centigrado, cum aquae libra misceatur, temperaturam 0.° expressam habente ; temperatura , quae in hac mixtione habebitur, erit graduum 50.°; ex quo patet, aquam calidam aquae frigidae dimidiam sui calorici quantitatem cedere, qua fit, ut haec ad gradum 50.° usque calefieri possit. Ob eamdem rationem si libra aquae ebullientis cum tribus aliis misceatur, quae temperaturam 0.° designatam habent, integra mixtio in quatuor partes aequales divisa intelligi debet, quarum singulae eamdem sibi respondentem calorici partem accipient: temperatura itaque in massa aquosa post mixtionem factam, quater minor invenietur, nempe graduum 25.° Non ita tamen evenit, si corpora *heterogenea* misceantur; si enim ex. gr. aquae libra, cujus temperatura sit 34.°, cum mercurii libra misceatur, cujus temperatura sit 0.°, ac deinde haec mixtio agitetur, temperatura quae inde in mixtione orietur, haud quidem erit 17.° (ut fieri deberet, si duae aquae librae miscerentur), sed 33.°; quod sane demonstrat, gradum 1.° ab aquae temperatura decessisse, ut mercurius temperaturam graduum 33.° acquireret. E contrario, si libra mercurii temperaturae 34.° cum aquae libra misceatur, cujus temperatura a 0.° designetur, quae in mixtione temperatura exurget, nec quidem 17.°, sed 1.° tantum erit. Evidens igitur est, mercurium 33.° gradus amisisse, ut aeque temperata aqua fieret. Quidquid de aqua, et de mercurio diximus, de omnibus aliis corporibus dici potest: ex quo liquido infertur, caloricum, quod in corpora se se insinuat, eorumque particulis adhaeret, inaequalem distributionem ferre, ita ut alia corpora majorem, alia minorem ejusdem quantitatem recipiant. Haec proprietas, quaecumque ipsa sit, qua corpora heterogenea aequalis massae caloricum majori vel minori quantitate recipiunt, ut eamdem inde temperaturam omnia possideant, *capacitas caloricum recipiendi* appellata fuit ; calorici vero quantitas, quae requiritur, ut dicta corpora heterogenea aequalis

massae ad aequalem temperaturam eleventur, a Wilke primum *calorici specifici* nomen obtinuit. Generatim *calorici specifici* corporis alicujus nomine, *ea calorici quantitas intelligitur, quae necessario requiritur, ut ejus temperatura aliquibus gradibus augeatur*. In calorico specifico aestimando, Physici pro unitate eam calorici quantitatem accipiunt, quae necessaria est ut uno gradu elevetur temperatura ponderis aquae aequalis ponderi illius corporis, cujus capacitatem determinare cupiunt.

528. Evenit in calorico idem, quod in liquidis etiam observamus, dum haec per solida corpora diffunduntur, in quibus pari modo *capacitas*, seu dispositio ad illa recipienda diversa invenitur. Sic eadem aquae, sive uvoris quantitas, quae sabulum prorsus madefacit, humidum tantum reddit marmor, minus humidam argillam, siccitatem potassae vero vix mutat; ut oculis, tactu, et hygrometro manifestum est. Id sane demonstrat, reapse capacitatem in his corporibus ad uvorem recipiendum non eamdem esse; unde fieri omnino debet, ut si tandem omnia eodem modo madefacta appareant, maxima opus fuisse aquae quantitate in potassa, minima vero in sabulo, fatendum est: quapropter uvor in ipsis interpositus, qui nempe sensu percipitur, idem semper erit; adhaerens vero nequaquam.

529. Quum autem absolutam calorici quantitatem in corporibus contentam Physici mensurare nequirent; in aestimando eorumdem calorico specifico suam operam impenderunt. Variis ad id consequendum usi sunt methodis. Crawford *permixtionis methodum* invenit, qua nempe corpus, cujus caloricum specificum determinari debet, in aequale aquae pondus, cujus temperatura sit diversa, mergitur; inde thermometri ope amborum temperatura ad aequilibrium redacta exploratur; demum fractione exprimitur ratio, quam caloricum specificum corporis ad illud aquae habet; in qua quidem fractione numerator designat variationem temperaturae, quae in aquam inducitur, et denominator variationem temperaturae corporis, quod in examen venit, indicat. Sic in exemplo superius adducto vidimus caloricum specificum mercurii esse ad illud aquae ut 1 : 33. Si itaque caloricum specificum aquae pro unitate accipiatur, caloricum specificum mercurii exhibebitur a fractione $\frac{1}{33}$.

530. Hac tamen methodo uti non possumus ubi corpora quamdam actionem chemicam in aquam exercent; tunc enim in combinatione caloricum vel absorbent, vel emittunt, id quod variationem in operationem inducit. Hinc est quod D[ni] Lavoisier, et La Place aliam methodum accuratiorem excogitarunt, sequenti principio innixi. Iam diximus (525), libram unam aquae, cujus temperatura sit graduum 75° C, necessariam esse, ut libra una glaciei, cujus tem-

peratura sit aequalis 0°, fundi possit. Si igitur alterius corporis temperatura ad gradus 75.° elevetur, et hujus ope pars dimidia, tertia, vel quarta unius librae glaciei fundatur, asserere possumus, caloricum specificum ejus corporis esse $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$; vel 0, 5; 0,33; 0,25. Hoc itaque principio instrumentum concinnarunt, quod *Calorimetrum* appellarunt. Constat hoc instrumentum tribus cavitatibus metallicis, quarum una in alia continetur, exilibus laminis metallicis vitreis vel ligneis ab invicem separatis, ut exhibet Fig. 10. Prior cavitas AAA, quae operculo clauditur, ex reticulis ferreis constat, in eamque immittitur corpus, cujus caloricum specificum explorandum est; altera cavitas EE repletur glacie contusa, temperaturam 0°. habente; ex qua quidem, prout glacies ab immisso corpore funditur, aqua effluit per epistomium C: tertia denique cavitas OO etiam ad glaciem recipiendam destinatur eo obtentu, ne caloricum ambientis aeris in reliquas cavitates penetrare possit. Aqua, quae ex hujus glaciei solutione effluit, egreditur per epistomium *h*, ita ut misceri nequeat cum illa, quae per tubum C egreditur; quaeque colligenda est, et accurate ponderanda, quando corpus ad temperaturam glaciei in fusione pervenisse judicatur. Illud tamen animadvertendum, corpus, cujus caloricum specificum explorandum est, in calorimetro ad minus horas decem manere debere, ut certi esse possimus, illud ad 0.° refriguisse. Hac methodo usi illustres Lavoisier, et Laplace, sequentium corporum capacitates invenerunt.

Aqua	1,0000.
Plumbum	0,0282.
Mercurius	0,0290.
Stannum	0,0475.
Ferrum fusum	0,1105.
Sulphur	0,2085.
Calx viva	0,2169.
Oleum olivarum	0,3096.
Acidum nitricum	0,6614.

531. Ubi datum corpus liquidum fuerit, clauditur in vase, cujus caloricum specificum antea determinatum sit; tunc vero a quantitate glaciei fusae subtrahenda est ea, quae a vasis calorico fundi debuit. Si vero corpora fuerint aeriformia, instrumentum illud adhibendum est, quo usi sunt D[ni] Delaroche, et Berard, quorum hac super re Dissertatio anno 1812 a Parisiensi Scientiarum Academia coronari meruit. Hujus methodi specimen, si cupis, lege in Pouilleto (1).

(1) Phys. Lib. VIII. Cap. II. n. 501.

532. Quamvis tamen ingeniosissimum, ac perutile sit Calorimetrum istud, aliqnibus tamen obnoxium est incommodis; nam nec glacies semper ad 0.° suam temperaturam servat, nec tota aquae, quae funditur, quantitas effluit, sed aliquando gelascit, et ab ipsa glacie absorbetur. Quocirca Mayer methodum *refrigerationis* invenit, qua deinde Leslie, et Despretz usi sunt; sed Dulong ac Petit postea nimis accurata diligentia illam perfecerunt. Hac methodo, duo corpora aequalia, ejusdem temperaturae, ubi aequali tempore aequalem frigiditatem concipiant, aequalem calorici specifici quantitatem habere putantur; alias calorici specifici quantitas in utroque corpore per subtractionem infertur. Quemadmodum autem ex duorum corporum *refrigeratione*, aequalibus vel diversis temporibus obtenta, calorici specifici aequalitas vel inaequalitas colligitur; ita hoc ipsum deduci potest ab eorumdem *incandescentia*, qua scilicet, prout aequalibus, vel inaequalibus temporibus corpora calefiunt, haec aequalem, vel inaequalem calorici specifici quantitatem continere arguitur. Hac posteriori methodo unus est Dnus Rumford, qui illam excogitavit.

533. Quidquid hac super re accuratius, ac luculentius Physici statuunt, Dnis Dulong, et Petit debetur. Ipsi enim, multis captis experimentis, hanc statuerunt Legem, omni diligentia notandam: *Omnium simplicium corporum atomi eamdem habent ad caloricum recipiendum capacitatem. Atomorum* nomine hic particulae quaedam integrantes cujusque corporis intelliguntur, quae eamdem ac corpus, habent naturam, quaeque nullius sive mechanicae, sive chemicae divisionis sunt capaces.

534. Attamen juvenis quidam Physicus, qui paucis abhinc annis alacritate mirabili hanc spartam exornandam suscepit, Dnus Regnault, patientia sane singulari, ac innumeris repetitis experimentis ad examen revocare constituit caloricum specificum omnium corporum tum simplicium, tum compositorum. En ejus inquisitionum specimen, ac summa. 1.° Lex Drum Dulong, ac Petit tunc probabiliter experimentorum effectus accurate exprimere valeret, ubi cujusque corporis caloricum specificum sumi posset in quodam puncto determinato suae scalae thermometricae, et ubi caloricum istud ab omnibus caussis externis, a quibus in experientiae actu afficitur, liberari valeret. 2.° Caloricum specificum alligationum metallicarum in aliqua distantia a fusionis puncto, est media quantitas calorici specifici singulorum metallorum, quae illas componunt. 3.° In corporibus compositis ex eadem atomistica compositione, et simili chemica constitutione, caloricum specificum est in reciproca atomicorum ponderum ratione. Hae leges tamen intra quosdam tantum limites verae sunt: nec mirum; nam capacitas corporum calorifica componitur ex eorum calorico specifico proprie

dicto, et ex calorico, quod corpora absorbent sub statu calorici latentis, suum volumen augendo. Effectus itaque, qui ab experientia obtinetur, est quidam effectus compositus, in quo feliciter quidem, caloricum specificum proprie dictum ita dominatur, ut lex elementaris prorsus abscondi nequeat.

CAPUT QUINTUM

DE CALORE ANIMALI

535. Inter alia phaenomena, quae Physicorum primi subsellii exagitarunt ingenia, non levem meretur considerationem quaestio de animantium calore. Res est sane notatu dignissima, ac prorsus singularis, quod dum corpora omnia bruta atmosphaerae temperaturam sequantur, et cum ea ad aequilibrium, vel emittendo, vel recipiendo caloricum, se componant; *animantia* tamen *quamdam servent temperaturam sibi propriam ac constantem* in quocumque climate degant; ita ut animalia, quae regiones aequatoriales incolunt, sint mitioris temperaturae, quam aer calidus, a quo ambiuntur; quae vero in zonis glacialibus inhabitant sint elatioris temperaturae, quam frigidus aer, in quo vivunt; avium temperatura diversa est ab illa atmosphaerae, et temperatura piscium non eadem est ac temperatura aquae, in qua innatant. Admittendus est igitur in animantium corporibus quidam *calor proprius*, seu potius modus peculiaris caloris vel frigoris producendi: materia enim ponderabilis, ex qua illa sunt efformata, in calorico sive emittendo, sive recipiendo, generalibus aequilibrii legibus subjici debet. Hinc est, quod omni tempore circa hujus phaenomeni explicationem non parum laborarunt, exitu tamen plus minusve felici, illustres Physici, uti Galenus, Boerhaavius, Hallerius, Lavoiserius, Crawfordius, Brodier, Chaussat, de la Rive, ac nostris temporibus Dulong, et Despretz, quibus duobus postremis debetur quidquid certi hac super re hactenus definitum est.

536. Ad hanc quaestionem enodandam, inquit Cl. Pouillet (1), tria in disquisitionem veniunt, 1°. quae sit animantium temperatura; 2.° quibus mediis calor iste animalis gignatur; 3.° quae sit calorici quantitas, quam dato tempore animalia producere possunt?

Et ad primum quod attinet, interior animantium temperatura eadem semper in variis organis esse videtur, ac jugiter aequalis ei, quam deprehendimus parvum thermometrum sub linguam per aliquod tempus tenendo. Haec temperatura semper graduum fere 37.°

(1) Phys. Lib. VII. n. 505.

reperitur; nec bona valetudo, aut infirmitas, aetas, et clima aliquam notabilem varietatem inducere possunt. D[ni] Breschet et Becquerel nuperrime super hoc argumento innumera confecerunt experimenta. Ioannes Davy in suis peregrinationibus ab Anglia usque ad Insulam Ceylan, temperaturam hominum in eadem navi vectorum sub diversis latitudinibus capiens, eamdem aliquantulum in locis calidis augeri expertus est; ita tamen ut hoc augmentum unum gradum thermometri centigradi non superaret. Idem etiam multorum animantium temperaturam observavit, ut in subiecta tabula pro praecipuis, ac notioribus animantibus inspicitur.

TEMPERATURA DIVERSORUM ANIMANTIUM A JOANNE DAVY EXPLORATA.

ANIMANTIVM NOMINA.	TEMPERATVRA GRADIBVS CENTIGRADIS EXPRESSA.	TEMPERATVRA AERIS AMBIENTIS.
	AVES	
Turdus	+ 42°, 8	+ 15°, 5
Passer	42, 1	26, 6
Pullus columbarum	42, 1	15, 5
Idem	43, 0	25, 5
Gallina	43, 0	25, 5
Gallus gallinaceus	42, 7	25, 5
Anser	41, 7	25, 5
Anas	43, 9	25, 5
	MAMMIFERA	
Simium	39, 7	30°,
Vespertilio	37, 8	28,
Mus	38, 8	26, 5
Lepus	37, 8	26, 5
Tigris	37, 2	26, 5
Canis	39, 0	26, 5
Feles	38, 3	15,
Equus	37, 5	26,
Vervex	39, 5	26,
Caper	39, 5	26,
Bos	38, 9	26,
Sus	40, 5	25, 6
	AMPHIBIA	
Testudo	28, 9	26,
Rana	25, 0	26, 7
Serpens	31, 4	27, 5
Idem	32, 2	28, 3
	PISCES	(*)
Piscis canis	25, 0	23, 7
Truta	14, 4	13, 3
Piscis volans	25, 5	25, 3
	MOLLVSCI	
Ostrea communis	27, 8	27, 8
Limax	24, 6	»
	CRVSTACEI	
Cancer	26, 1	26, 7
Cancer marinus	22, 2	22, 2
	INSECTA	
Scarabaeus	25, 0	24, 3
Gryllus	25, 5	16, 7
Vespa	24, 4	32, 9
Scorpius	25, 3	26, 1

(*) A piscibus usque ad cancrum marinum, numeri hujus columnae aquae marinae temperaturam designant.

Ex hac tabula perspicitur, aves inter caetera animantia elatiori temperatura gaudere; sequuntur mammifera; amphibia deinde, pisces, et quaedam insecta; mollusci demum, ac crustacei, qui fere aeris, ac maris ambientis temperatura donantur. Hinc *animalium sanguinis calidi, et sanguinis frigidi* orta distinctio. Prioris generis sunt aves, et mammifera, quorum nempe temperatura excedit atmosphaerae temperaturam; posterioris vero sunt amphibia, mollusci, crustacei, insecta, quorum scilicet temperatura est aeris, vel aquae ambientis temperaturae aequalis.

537. In caussa hujus caloris animalis assignanda non omnes Physici conveniunt. Ipsum esse sanguini ingenitum asseruerunt Aristoteles, et Galenus; oriri ex internis fermentationibus Stahlius, aliique plures; ex sanguinis affrictu contra vasorum parietes Boerhaavius, et Hales; ex principio quodam combustionis Buffon, et Blak cum Lavoiserio censuerunt. Hujus postremi Chemici percelebris sententiam sequuntur nostrorum temporum Physici. Putat itaque Lavoiserius calorem animalem oriri a gas oxygenio ope respirationis: aer namque communis ab animantibus inspiratus decomponitur in pulmonibus eo prorsus modo, quo decomponitur in combustione (484). Id adeo verum est, ut, deficiente aere, animantia gravi laborent incommodo, et asphixia corripiantur; aere restituto, vires resumant, et reviviscant; ut videre est, avem vel aliud quoddam animal sub campanae machinae pneumaticae, ex qua exhauriatur aer, immittendo. In respiratione igitur caloricum antea *latens liberum* evadit, communicatur eisdem pulmonibus, in iisque calorem producit, dum oxygenium combinatur cum sanguinis carbonio, et hydrogenio, atque cum illo quidem efficit gas acidum carbonicum, cum hoc vero aquam generat; quae duo principia homo in suis expirationibus emittit. In pulmonibus itaque fit vera combustio, in qua nova calorici quantitas evolvitur, quae animantium vitam fovet. Ex pluribus captis experimentis statutum fuit, acidi carbonici quantitatem, quam homines in respiratione emittunt, esse diversam pro diversa eorum aetate, sexu, et conformatione. Caeteris paribus, homines majorem quam mulieres hujus quantitem emittunt; in juventute magis quam in senectute. D.nus Dumas statuit, carbonii quantitatem, quam homo absumit intra 24 horarum intervallum, esse 300 grammis aequalem, inclusa etiam hydrogenii parte, ex qua aqueus vapor expiratus efformatur. Ut autem haec carbonii et hydrogenii quantitas absumatur, requiritur oxygenium in metr. cubicis 2, 76 aeris contentum; ex quo patet, in combinatione 300 gram. carbonii et hydrogenii proprii sanguinis cum aeris oxygenio, seu in lenta horum principiorum combustione intra 24 horarum intervallum, repositum esse fontem uberrimum, quo homo sui calorici jugem ac continuam jacturam reparare potest. Ne combustibile desit, alimentis

supplere debet hanc materiae quantitatem deperditam ; hac enim deficiente, vita deficeret, ut lampas, deficiente oleo, extinguitur. Notandum etiam, aerem atmosphaericum, quamvis oxygenium debita proportione contineat, hominibus et animantibus noxium esse posse pro mephiticis principiis, quae illi aliquando commiscentur ; id quod semper accidit ob respirationem pulmonarem, et cutis perspirationem; in prima namque harum operationum acidum carbonicum, in altera vero aqueus vapor et materiae organicae ei commiscentur; quae omnia respirationi, ut diximus (453 not. 2.), sunt infesta. Utile igitur ac necessarium est, ut in locis ubi plures diu commorantur, aer saepe innovetur. Ex experimentis autem constat, ne aeris salubritas in memoratis locis desit, pro singulis hominibus sex novi aeris metra cubica in singulis horis immitti debere. Postquam Lavoiserius hanc suam sententiam edixit, eamque pluribus confirmavit experimentis, caloris animalis caussa amplius non latuit, sed in respirationis phaenomeno unanimi consensu a Physicis reposita fuit (485). Verum Dulong, et Despretz, quum calorici quantitatem, quam animalia dato tempore emittunt, determinassent, eamque cum quantitate calorici a respiratione orti contulissent, hanc esse tantum $\frac{8}{10}$, vel ad summum $\frac{9}{10}$ illius experti sunt. Quapropter censuerunt, praeter respirationem, aliquam aliam calorici caussam in animantibus existere, eamque in energia systematis nervosi, aliorumque motuum vitalium statuendam esse docuerunt.

538. Calorici denique quantitates a diversis animantibus dato tempore productae, a D^nis^ Lavoisier, et Laplace ope calorimetri aestimatae fuerunt. Dulong vero, et Despretz, ope alterius instrumenti (1), has calorici quantitates in diversi generis, diversaeque aetatis animantibus explorarunt, statueruntque, calorici quantitatem ab homine in 24 horarum intervallo emissam eam esse, qua 2547,2 chilogramma aquae ad unum gradum centigradum attolli possent; vel, quod idem est, fere chilogramma 25 ejusdem aquae a zero ad ebullitionem pervenire ; seu denique chilogramma 44 glaciei liquefieri valeant. Generatim constat, animantia carnivora minorem calorici quantitatem emittere, quam herbivora. Quumque homines, qui terram incolunt, et caloricum evolvunt, fere 800 milliones non exuperent ; si caloricum ab iis emissum in unam summam colligatur, obtinebitur quantitas totalis calorici ab hac fonte emissi. Illi enim 800 hominum milliones intra unum diem caloricum emittent, quod liquefaciendis 44 glaciei chilogrammis per 800 milliones ductis valeat; id quod unius anni intervallo

(1) Vide Pouillet loco citato.

12848000 chilogrammorum milliones conficiet. Haec glaciei quantitas in tota terrestri superficie diffusa stratum efficeret, cujus crassitudo 0,025 millimetris esset aequalis, adeoque 560000 vicibus minor inveniretur, quam glaciei stratum, quod a Solis calore liquefit (476).

539. Ex dictis autem ne inferas, fieri prorsus posse, ut quaevis animalium species in quolibet climate vivere, et generare possit: nam diversae illae animantium species in diversis climatibus distributae diversum aerem atmosphaericum respirant; quocirca si ex uno in alium locum transferantur, in ipsorum structura talis alteratio fieri potest, ut prorsus intereant (1). Unus homo id habet singulare, ut ex uno genere ortus universam terrae faciem inhabitare queat absque sensibili detrimento; licet in diversis climatibus accidentales quasdam subeat in forma et colore variationes: id quod sapientissimo Divinae Providentiae consilio factum esse fatendum est.

(1) Hic notandum, humana industria fieri posse, ut quaedam animalia, sicut et quaedam plantae, vivant, ac producantur etiam in climatibus, in quibus indigena non sunt. Semper tamen multa cura ac diligentia ipsis, ne intereant, providendum est.

SECTIO II

DE LUCE

540. Lucis nomine *medium* illud intelligimus, quo ad excitandam in oculis nostris jucundam *visionis* impressionem utitur natura; quo nempe objectorum, quae extra nos convenienti distantia posita sunt, magnitudinem, situm, figuram, coloremque cognoscere valeamus. In entium scala praecipuum sane locum obtinet; de ipsa enim merito dici potest illam *ex ore Altissimi prodiisse ante omnem* sensibilem *creaturam*; quandoquidem Deus *in principio* rerum omnium, materia e nihilo educta, antequam singulas substantias in suas classes dispesceret, lucem creavit, dicens: *Fiat Lux*. Quid enim vero illa mirabilius, aut praestantius? Haec nobis aurorae, primique diluculi phaenomena; haec solis exorientis mirandum atque jucundissimum spectaculum ob oculos ponit; per hanc temporis ideam acquirere, ac in parva minuta illud dividere possumus. Frustra partibus quamplurimis solidis, ac fluidis oculus praeditus foret, nisi Lux existeret; nec colores tam varios, tamque pulcherrimos nobis innotescere posse, evidenter convincimur. Homines, si *tenebrarum vinculis* (ut ait Scriptura) forent *compediti*, neque moverentur, neque victum sibi comparare possent, neque actiones omnes, ad quas destinati sunt, ederent, neque existentiam diu continuare valerent; tota denique rerum natura fere in nihilum reverteretur, nisi Deus mundi Auctor Lucem conservaret. *Frustra enim*, ait S. Ambrosius, *esset mundus, si non videretur*.

541. Attamen hoc ente tam praeclaro, tam utili, tamque necessario, luce nempe, qua caetera omnia objecta conspiciuntur, nihil est obscurius. Ejus naturam inquirentes Physici tam veteres, quam recentiores, varias omnino propugnarunt sententias. Quidam enim e veteri Schola motum lucis pernicissimum, et eam, quam habet corpora omnia pervadendi facilitatem mirantes, illam ab omni materia segregatam esse existimarunt. Sed turpis hic eorum error ne mentionem quidem hodie meretur. Recentiorum vero opiniones circa lucis naturam duae sunt, prout duae hypotheses, ut etiam de calorico diximus (470), in ea explicanda confici possunt. Alii cum Newtono asserunt, lucem consistere in tenuissimis particulis a corpore lucido maxima celeritate prosilientibus, eodem prorsus modo, quo odores e particulis a corpore odoro emissis ortum ducunt; quae hypothesis *systema emanationis*, seu *emissionis* appellatur, suosque habet non imi subsellii patronos. Alii vero cum Renati Cartesii Schola contrariam tenent sententiam, et *systema oscillationum*, seu *vibrationum* propugnant. Circa hoc tamen animadvertendum, no-

stris diebus non amplius opinionem ab ipso Cartesio excogitatam vigere, qua lucem ex pressione facta a corporibus, quae *lucida* dicuntur, in globulos *secundi sui elementi* eadem ambientes oriri dicebat; sed abjectis illis fictitiis globulis, Physici recentiores, duce Fresnellio, asserunt, lucem oriri ex pressione, quam Sol, aliaque lucida corpora exercent in *aetherem quemdam subtilissimum*, *et maxime elasticum* in omnibus mundi spatiis diffusum, in quem corpora quaecumque, quasi spongia in liquidi massa, veluti innatant, et moventur. Systema istud dicitur *vibrationum*, quia ponit lucem oriri a *vibrationibus in aetherem subtilissimum* a corpore lucido excitatis, et ad oculos transmissis. Hinc patet, primam hypothesim considerare lucem ut substantiam *sui generis* subtilissimam, elasticissimam, quae a luminoso corpore veluti e centro quaquaversum et in directum emittitur motu pernicissimo; alteram vero spectare lucem veluti *meram corpoream proprietatem*, a luminosi corporis praesentia excitatam; adeoque *sensum Visus* in priori Systemate cum *odoratu*, et *gustu* convenire; in posteriori vero, *auditui* potius, quam aliis sensibus similem esse.

542. Quid vero nos in tanta controversia dicemus, quae utrimque suos babet magni nominis patronos? Certe quum ii non simus, qui nodum tam implicatissimum solvere omnino possimus; quumque ex his duabus opinionibus nulla sit, quae difficultatibus inextricabilibus non sit obnoxia, satius ducimus, vestigiis quorumdam celebriorum inbaerendo (1), ignorantiam nostram hac in re confiteri, quam de quaestione nondum satis explorata temere pronuntiare. Quapropter visionis praecipua phaenomena exponemus quidem ut in Scholis exponi solent, locutionibus nempe emanationum systemati propriis, nulla ratione habita de utraque hypothesi; sed notum omnibus facimus, in ea sententia nos esse, ut credamus omnia melius et uberius in vibrationum hypothesi explicari, praecipue postquam nova additamenta in vibrationum theoria geometrica, et novissima experimenta eidem hypotesi majorem conciliarunt auctoritatem: id quod ex dicendis melius patebit.

543. Quidquid inde sit, illud est indubium, quod luce existente, corpus aliquod, vel *lucidum*, vel *illuminatum*, a quo illa originem ducat, semper adesse debet. *Lucida*, seu *luminosa* dicuntur corpora, quae in se illuminationis originem continent, et propria vi illam producunt, ut Sol, sydera, flamma, phosphori, etc. *Illuminata* vero sunt ea omnia, quae a corpore luminoso illustrantur, lucemque inde receptam reflectunt. Posterioris hujus generis corpora denique

(1) Vide Fischer. *Phys. mecc. sect.* 8. c. 39. n. 3; Beudant, *Essais d'un Cours des Sciences Physiques, Traité des fluides incoercibles, n.* 471.; et Berzelius *Elem. de Chimie, Traité de la Lumiere, n.* 266.

sunt vel *opaca*, id est, quae lumen intercipiunt, ut ligna, lapides, metalla, etc.; vel *diaphana* (1), seu *pellucida*, per quae scilicet lumen transire potest non turbato radiorum motu rectilineo, ut aer, aqua, vitrum; vel denique *translucida*, quae luci transitum quidem permittunt, sed turbato et confuso radiorum motu rectilineo, ut lapis specularis, charta subtilis, et vitrum smyride expolitum. De luce itaque acturi, eam considerabimus prout vel a corpore luminoso *directe emittitur*, vel a corporibus opacis *reflectitur*, vel denique per media diaphana pertransiens *refringitur*, seu a naturali semita rectilinea deflectitur. Hinc naturalis hujus Tractationis in tres partes divisio, quarum prima vocatur *Optica* (2), et de *luce directa* agit; altera dicitur *Catoptrica* (3), et lucis *reflexae* leges contemplatur; tertia denique *Dioptrica* (4) appellatur, et lucem *refractam* considerat. Nos vero hanc nostram sectionem in sex capita partiemur, in quorum primo de Optica, in altero de Catoptrica, in tertio de Dioptrica, in quarto de lucis coloribus, in quinto de ejus dupla refractione, diffractione, et polarisatione; in sexto denique de visione ac de Opticis instrumentis illam adjuvantibus sermonem instituemus.

CAPUT PRIMUM

DE OPTICA, SEU DE DIRECTA LUCIS PROPAGATIONE

544. *Lucem directe* propagari dicimus, ubi eius a corpore luminoso, vel illuminato derivationem consideramus, quin illam in alia corpora incurrentem spectemus (5). Circa directam lucis propagationem tria praecipue occurrunt expendenda, num scilicet 1.° lucis propagatio fiat per lineas rectas, et divaricantibus radiis; 2.° qua ratione ejus vis decrescat prout a corpore illuminato dimovetur; 3.° an ejus propagatio fiat successive.

545. Et ad primum quod attinet, *lucem a quovis puncto lucidi corporis quaquaversum in lineis rectis propagari, tamquam in totidem radiis a centro prodeuntibus*, res est cuique obvia. Si enim corpus quodlibet opacum lucido corpori opponas, illud umbram projiciet; id quod profecto non eveniret, nisi lux per lineas rectas diffunderetur. Luna aliquando solem, et stellas fixas occultat; id vero fieri

(1) A διὰ trans, et φαίνω, appareo.

(2) Ab ὄπτομαι, video.

(3) A κατοπτρον, speculum.

(4) A διὰ, trans, et ὄπτομαι.

(5) Haec consideratio non est, nisi *pure* geometrica; lux enim a corporibus luminosis emissa semper incurrit in aerem atmosphaericum, a cujus densitate aliquae illius particulae reflectuntur, aliae vero refringuntur. Ex quo patet, nos lucis substantiam prout est in se, et independenter ab aeris incursione, nullo pacto cognoscere posse.

non posset, si lux per lineas curvas propagaretur. Praeterea, si per exiguum fenestrae foramen in cameram obscuram excipiatur radius solaris, hic per semitam rectam progreditur; neqne ab ea semita deflectit, si in parte directe opposita aliud foramen aperiatur ; qnin imo per illud libere, ac totus ita pertransit , ut camera tam remaneat obscura, quam si nulla lux per illam transisset. Denique corpora lucida aut illuminata per tubum curvum , aut inflexum conspici nequeunt. Hinc evidens est, lucis radios non lateraliter, ac flexuosa via, sed recta undique linea diffundi, ita ut ad visionem nihil conferant, nisi recta in oculos incidant , eosque percellant. Hanc ob rationem Physici lucem in rectis lineis delatam, et ab uno veluti puncto quaquaversum diffusam *radios lucis* vocarunt , praesertim quia partium exilitas geometricarum linearum fere est aemula.

546. Pari facilitate colliges, hos *lucis radios a puncto luminoso inter se divergentes emitti.* Quodlibet enim objecti punctum radians veluti fasciculum radiorum emittit, qui in ambitum exeunt ; fit itaque veluti radiorum conus, seu pyramis, cujus vertex est in puncto radiante; ejus autem coni, vel pyramidis basis amplior evadit, prout ab eodem puncto radiante magis removetur. Id hoc experimento comprobari solet. Foramini angusto, per quod radius solaris in cubiculum fuerit admissus, aptetur tubulus AB (Fig. 11ª) cum vitrea lenticula convexa C, quae in punctum B omnes radios solares per tubum transmissos colligit. Si his radiis objiciatur ad distantiam 5, aut 6 pollicum chartae crassae plagula, in ea circulum lucidum DE descriptum conspicies; et quo magis removebitur charta, eo latius se se expandet, ut FG, et HI; id quod clare ostendit, lucem per radios inter se divergentes propagari, qui conum lucidum efficiunt, cujus apex in tubi extremitate situs est.

547. Ex hoc principio intelligitur quare lucis radii a Sole emissi, et per foramen cujuscumque formae transmissi, si a plano huic foramini parallelo, sed ab eodem distante, excipiantur , figuram exhibeant circularem. Radii enim a Sole AB (Fig. 12.) illapsi in foraminis, ex. gr., triangularis punctum C, formant conum ACB a Sole, atque alium oppositum aCb. Punctum E eodem modo format conum a Sole AEB , cum opposito $a'Eb'$; et similiter punctum D conum ADB, et conum $a''Db'$. Iam vero patet , quod si prope foramen sectio horum conorum oppositorum fiat, foramini parallela, tum fere prodituros esse vertices eorum, vel circulos adeo exiguos, ut foraminis figuram referant: sin vero longius a foramine talis sectio absolvatur, tum orituros esse circulos multo majores, aequales, se se intersecantes , quorum arcus extremi ab una figura circulari eo minus recedent, quo magis sectio distat a fenestra; praesertim quum accedant etiam reliquae sectiones circulares ex pun-

ctis intermediis foraminis, quibus fit, ut amplior circulorum aequalium numerus in plano describatur, qui in unum convenientes, figuram Solis circularem exhibent. Hinc patet ratio, ob quam lux solis per rimulas quascumque, per hiatus inter arborum folia transmissa, totidem circulos super terram exhibeat, quot sunt hiatus, per quos lux pertransit.

548. Ex eo autem, quod lux per radios inter se divergentes promovetur, sequitur etiam lucis vim, seu *intensitatem* eo minorem fieri, quo magis crescit spatium illuminatum; et quidem *in ratione inversa duplicata distantiarum a centro lucente*; id quod eadem demonstratione illustratur, ac ea, quae in n. 44. data fuit. Id quoque hoc experimento facillimo ad oculum demonstrari potest. In obscuro cubiculo unam accende candelam, deinde librum aliquod a flamma in ea distantia remove, donec ultimo illum legere possis, adeo ut si paullo remotius progrediaris, legere ulterius nequeas: sitque ea distantia 10, ex. gr., passuum. Si librum transferas ad distantiam duplam a candela, passuum scilicet 20, tunc eum legere non poteris, nisi spatium illuminatum fuerit quadruplum, id est nisi quatuor candelas accensas adhibebis. Si librum colloces in tripla distantia, pedum scilicet 30, tunc spatium illustratum novies amplius fiet, adeoque lumen in eo spatio erit novies debilius; ita ut pro libro legendo novem candelas accensas adhibendas esse comperies. Quocirca quum lucis vis, seu *intensitas* in dupla distantia a puncto luminoso quater sit minor, novies vero in distantia tripla; 4 autem, et 9 sint quadrata numerorum 2, et 3, a quibus distantiae exhibentur; patet, lucis intensitatem decrescere prout crescit quadratum distantiae, seu, quod in idem recidit, *luminis intensitatem in medio homogeneo sequi rationem inversam quadrati distantiarum*.

549. Quod si lux per radios convergentes deferatur, suam intensitatem, ob rationem huic contrariam, auget: per radios vero parallelos delata, eamdem intensitatem constanter retinebit; eaque est ratio, cur stellae fixae, visae ab opposita extremitate diametri magnae orbitae Telluris, aeque luminosae apparent. Hinc ex cognita ratione distantiae planetarum a Sole, ratio intensitatis lucis solaris in unoquoque eorum determinatur. Sed probe hic notandum est, intensitatem lucis per aerem propagatae insigniter ab eodem aere minui, ac debilitari; uti ex eo apparet, quia radii in obscurum cubiculum immissi tramitem lucidum visibilem efficiunt, qui certe ex reflexione in particulis facta, atque ideo ex imminuta, et ad oculos versa luce exoritur: unde etiam patet, lucis particulas particulis aereis esse multo minores.

550. Defertur autem lux a Sole, et a reliquis lucidis corporibus *pernicissima celeritate*, ita ut immodicam inter Solem ac terram distantiam brevissimo intervallo minutorum 8′, 13″ emetiatur. Id ex

eclipsi intimi Satellitis Jovialis, seu Satellitis ab ipso Jove minime distantis, collegit omnium primus I. Roemerus anno 1676 (1) sequenti ratiocinio. Sit (Fig. 13.) DFH annua telluris orbita, S Sol, I Iupiter, intimusque ejus satelles sit in C, ubi in Jovis umbram *mergitur*: B vero sit locus *emersionis* ejus; sintque D, et F duae diversae positiones Telluris in sua orbita, distantia autem D F fere aequalis diametro orbitae terrestris. Adhibitis multorum annorum observationibus, deprehendit Roemerus emersionem satellitis ab umbra citius videri, terra existente in D, serius ubi tellus est in F, notabili differentia minutorum fere 14′; hoc igitur temporis intervallo spatium DF a luce percurritur; quare ejusdem spatii dimidium, nempe distantia Solis a terra intra minuta 7′ circiter percurreretur. Iam vero Sol non est in orbitae terrestris centro, sed in ejusdem orbitae ellypticae foco; et juxta cl. Bradley, aliorumque recentiorum Astronomorum supputationes, Lux Solaris intervallo minutorum 8′, et 13″ ad nostram terram pervenit (2). Liquet igitur, *instantaneam non esse lucis propagationem*, ut Cartesio, aliisque visum erat, sed fieri *successive*, quamvis praerapida celeritate (3).

551. Super hac immensa celeritate, qua lux propagatur, quaedam veniunt consideranda. Et 1. quidem inde maximum petunt argumentum systematis vibrationum patroni, ut suam tueantur sententiam: ajunt enim, in hoc tantum systemate hanc lucis praerapidam celeritatem concipi et explicari posse, minime autem in systemate emissionis; utcumque enim exiles ponantur lucis particulae a Sole ad Tellurem emissae, motu suo pernicissimo plantas et arbores deberent opprimere, domos subvertere, ipsosque montes conterere. Ii vero, quibus ab emissionum systemate recedere religio est, respondent, id non aliud probare, nisi lucis particulas maxima subtilitate donari, qua posita, impulsus erit fere nullus, etsi earum celeritas sit valde ingens. Nos ut diximus (542), rem in medio relinquimus. 2.° Ab Astronomis supputatum fuisse, lucem quae a Sole ad Terram intra 8′, et 13″, seu intra 493″ propagatur, percurrere

(1) Velocitatem luminis ex observationibus coelestibus omnium primi determinare tentarunt Cassini senior, et Roemerus; ille autem brevi sententiam mutavit, persuasum habens, ex phaenomenis, ex quibus conclusiones deduxerat, has non sequi, quia omnia phaenomena non respondebant inter se. Roemerus perseveravit in sua sententia; hanc omni modo tueri conatus est; ideoque ipsi soli hodie tribuitur.

(2) Quod in intimo Jovis satellite deprehendit Roemerus, in aliis quoque ejus satellitibus post multas accuratissimas observationes deprehenderunt Hallejus, Pound, aliique Astronomi, qui et omnes Cassini, ac Maraldi scrupulos adversus Roemeri doctrinam prorsus eliserunt. Vide *s'Gravesande* Physic. Elem. mathem. Lib. V. C. I. n. 2621, et seq.

(3) Dnus Arago die 29 Julii anno 1849 Academicis Scientiarum Parisiensibus notum fecit, Physicum D. Fizeau ingenioso experimento sensibus subjecisse lucis celeritatem, quin hujus demonstrationem ab observationibus astronomicis Roemeri peteret. Vide Majocchi Annali di Fis. e Chim. an. 1850. T. 1. pag. 26.

spatium $24047,1 \times 6376600^{metr.}$; semidiameter enim orbitae terrestris 24047,1 semidiametros aequatoriales Telluris continet, quorum singuli aestimantur aequales 6376600 metr. Hinc in quolibet minuto secundo lux percurrit spatium $\frac{24047,1 \times 6376600^{metr.}}{493''} =$ $310905794^{metr.}$ (1), seu 310906 chilom. *Lux igitur percurrit* 310906 *chilometra in quolibet minuto secundo.* Hinc iidem astronomi intulerunt lucem a stellis fixis vicinioribus emissam ad nos usque citius pervenire non posse, quam annorum 3, et aliquot dierum intervallo; quocirca si ponas cum Pouilleto lepidam hypothesim, qua stellas in nihilum redigi posse fingitur, per illos tres annos et amplius, tali annihilatione sequuta, illae adhuc visibiles forent. (2).

552. Quodlibet punctum lucidum A (Fig. 14) radiat in pupillam BC per conum luminosum ABC, cujus vertex est ipsum punctum radians, et basis est pupilla: ex puncto enim lucido A ad quodvis pupillae punctum licet ducere radium rectum; atqui pupilla circularis est; ergo patet propositum. Ille horum radiorum, qui per centrum pupillae transit, ut AD, dicitur *axis opticus*. Hinc oritur consuetudo, qua quodlibet visibilis objecti punctum ad verticem A coni BAC, et proprie in extrema parte axis optici referimus. Hinc etiam sequitur, objecta remotiora apparere obscura, nec bene distincta; quum enim quodlibet eorum punctum radios emittat divergentes, qui pro duplicata distantiae ratione debilitantur (548); patet, oculum, quo remotius objectum contemplatur, eo minorem radiorum lucidorum copiam complecti debere. Id innuit etiam Figura 14. Si enim oculus in I transferretur, basis coni luminosi esset EF, oculusque omnes etiam radios exciperet, qui inter AE, et AF continentur, dum in distantia D illos dumtaxat excipit, qui inter AB, et AC comprehenduntur. Quum itaque aucta puncti radiantis distantia, minor radiorum lucidorum copia oculum subeat; evidens est, objecta eo obscuriora apparere debere, quo sunt remotiora. Ubi vero idem punctum radians ab oculo permultum distet, lux ab illo emissa ad hunc usque pervenire non valet, objectumque redditur invisibile. Sed de hoc inferius (692) loquemur.

553. Si objectum ACB (Fig. 15.) ponatur e regione fenestrae EF, quae foraminulum habeat in D, in quo aptata fuerit aliqua lens convexa; in interiori pariete opposito observabitur imago *a b c*, quae objecto quidem similis erit, sed eidem *inversa*. Hujus inversionis caussa haec est. Quum objectum ACB lucis radios rectilineos

(1) Vidimus (414) soni velocitatem esse 340, 89 metr.; hinc lucis velocitas 900000 soni velocitatem superat.

(2) Vide Pouillet Lib. VI, n. 367.

undequaque emittat, parvus conus luminosus a puncto A emissus per lentem transiens in puncto *a* terminatur; punctum C in puncto *c*, et punctum B in puncto *b*. Imaginis vero magnitudo pendet a ratione, quae inter distantiam tum objecti, tum parietis a foramine intercedit. Si distantia objecti a foramine aequalis fuerit distantiae parietis ab eodem foramine, si nempe fuerit CD=Dc, imago erit objecto aequalis, quia coni luminosi ad verticem oppositi sunt inter se aequales: si vero distantia parietis fuerit dimidia, vel pars tertia, aut quarta distantiae CD objecti a fenestra, imago erit $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$ pars objecti AB. Id patet ex dictis (548). Si loco lentis foramini D aptetur oculus, iidem coni luminosi in oculo se se decussabunt, angulumque ADB efficient. Hic angulus, quem intercipiunt duo radii DA, DB ab extremis objecti punctis in centrum pupillae ducti, *angulus opticus* vocatur, aut *magnitudo*, vel *diameter* objecti *apparens*; eo enim angulo, veluti quodam circino, magnitudinem objectorum apparentem metimur, eaque aequalia judicamus, prout sub aequalibus, vel inaequalibus angulis spectantur. Hinc quamvis vera magnitudine maxime inter se differant objecta, aequalia nobis apparent, quia eumdem angulum opticum nobis efficiunt. Index horologii nobis quiescere videtur, quia angulum opticum in exiguo tempore insensibiliter mutat. Quumque objectum eo acutiorem angulum efficiat, quo magis ab oculo removetur; patet, eo minoris magnitudinis nobis apparere debere, quo fuerit a nobis remotius. Hic autem animadvertendum, nos de objectorum magnitudine, non ex sola anguli optici magnitudine dijudicare: ita si ab homine, arbore, aede recedam prius decem, deinde viginti, tum triginta pedum intervallo, nullam advertam magnitudinis mutationem, quamvis anguli optici sint fere ut 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$. Hujus rei ratio est, quia nos de objectorum magnitudine non ex solo angulo optico, sed ex aliis quoque caussis judicamus; veluti ex visionis claritate, et distinctione, et ex judiciis quibus habitu assuevimus, ut inferius dicemus.

554. Corpora opaca lucis progressum impediunt; hinc *umbra et lucis reflexio* oritur. De priori hic pauca; de lucis reflexione sequenti capite loquemur. Quum lux a corpore luminoso emissa semper recta in eodem medio homogeneo propagetur (545), fit, ut ubi radiis a corpore luminoso emissis corpus opacum opponatur, radii omnes, qui in illud impingunt, sistantur, nec ulterius progrediantur; quocirca in parte illius posteriori spatium omni luce carens habebitur; id est *umbra* projicietur in directum posita cum reliquis radiis, a quibus corpus opacum illuminatur. *Umbra* igitur, ut silentium soni, nihil aliud est, nisi *Lucis* privatio, ob interpo-

situm corpus opacum. Haec privatio est vel *totalis*, uti sunt tenebrae densissimae, aut *umbra pura* proprie dicta; vel *partialis*, quae non est nisi lux quaedam debilior, quae *videri* adhuc potest, veluti ubi vas vitreum aqua repletum soli oppositum tenuem umbram projicit. Umbra dividi etiam solet in *rectam*, et *versam*. Illa est, quae fit in plano horizontali ab objecto verticaliter erecto, quales sunt hominis stantis, arboris, turris, montis; haec vero, quae fit in plano verticali ab objecto horizontaliter posito, uti brachii ab homine extensi, vel stili muro horizontaliter infixi. Pronum autem est intelligere, 1.° umbram ita esse ad corpus luminosum, ut semper in parte opposita constituatur, in qua fit illuminatio corporis opaci; nempe si corpus opacum fuerit illuminatum a parte dextera, umbram projiciet in partem sinistram, et viceversa; 2.° omne corpus opacum tot umbras projicere, quot adsunt corpora lucida e diversis regionibus illud illuminantia; 3.° umbram intensiorem denique eam esse, quae intensiori lumini opponitur.

555. Quum itaque umbrae limites a radiis lucis constituantur, qui a corpore lucido emissi corpus opacum ambiunt; evidens est, umbram proprie dictam semper figuram exhibere, quae tum a corporis lucidi, et opaci forma pendeat, tum ab istius positione respectu illius. Patet proinde, umbram corporis sphaerici opaci, quod lucido expositum sit, cylindricam infinitam esse debere, si hoc illi fuerit aequale; conicam, si hoc illo fuerit majus; hujus autem coni altitudo a *distantia* pendet, quae inter corpus lucidum, et opacum intercedit; denique coni truncati formam referet, cujus major basis in distantia infinita constituatur, si corpus lucidum corpore opaco fuerit minus. Sint ex. gr. duo corpora sphaerica A, et B (Fig. 16.), quorum A luminosum sit majus opaco B; umbra istius conum exhibebit. Si namque eorum centra ope lineae rectae AB jungantur, ducta communi tangente CD donec rectae AB in E productae occurrat; hujus tangentis motus circa rectam AE sub eodem semper angulo, conicam superficiem describet, cujus basis ab illo sphaerae opacae circulo constituetur, qui ab omnibus contactus punctis terminatus est. Atqui hic unus est ex minoribus sphaerae circulis, in hemisphaerio illi opposito, quod a corpore lucido illuminatur; ergo pars illuminata globi opaci major erit parte obscura, ac proinde umbra erit minor. Idem data proportione, de aliis duobus casibus est dicendum. Umbra denique projecta in planum, quod corpori opaco opponitur, quodque *projectionis planum* dicitur, nihil aliud est, nisi hujus plani sectio facta in volumine, quod ab umbra repraesentatur. Sic, ut de iisdem globis loquamur, figura umbrae in plano projectae erit nunc circulus, nunc ellypsis, nunc hyperbola, prout projectionis planum illius umbrae conum vel perpendiculariter, vel oblique intersecabit.

556. Umbra alicujus corporis in plano projecta semper ab umbra dilutiori, et minoris intensitatis terminatur, quae *penumbra* dici solet, cujus intensitas decrescit, ab umbra pura incipiendo. Ut hoc lucis decrementum concipias, in figuram 17 oculum conjice. Sit S Sol, vel aliud quodlibet corpus luminosum: AB vero sit corpus opacum. Umbra pura in plano MN a tangente CAF determinatur; partes umbrarum vero, quae inter F, et I continentur, successive illuminantur a majoribus portionibus disci Solaris, et penumbra terminabitur in I ab altera tangente EAI. Penumbrae itaque amplitudo ab amplitudine diametri apparentis corporis lucidi pendet; quocirca si corpus lucidum fuerit unicum ac simplex punctum radians, nulla aderit penumbra; ad nihilum quippe redactus est angulus EAC.

557. Figura partis corporis opaci illuminati, ubi punctum illuminans fuerit immotum, ab hujus puncti, et ab observatoris positione pendet. Punctum luminosum fixum L exhibeat (Fig. 18.), O vero positionem observatoris constantem, A denique globum opacum inter punctum luminosum, et observatorem positum. Quum in hoc casu totum hemisphaerium *Am* sit illuminatum, observator a puncto O alterum hemisphaerium *xy* omnino obscurum aspiciet; in B, pars hujus globi illuminata circuli quadrantem exhibebit, in C semicirculum repraesentabit; in D magis ac magis circulo appropinquabitur; in E totum hemisphaerium illuminatum sub circuli forma, ratione projectionis, erit visibile. Eadem phaenomena, contraria tamen ratione, locum habebunt ubi globus a puncto E in A transibit. Pars globi illuminata, quae a puncto O conspicitur, a tangentibus ad globum a punctis L, et O simul ductis determinantur: sic ex. gr. *ab* est pars illuminata globi D, quae ab observatore in O videri potest. Haec theoria Lunae phases accurate explicat: Sol est corpus luminosum, Tellus autem est punctum, ubi spectator est collocatus.

558. Umbrarum theoria maximi est momenti in Astronomia, et in Geodesia. Sic ex. gr. umbrae auxilio altitudinem Solis supra horizontem in tabula horizontali reperire possumus, cui stilus verticaliter fuerit infixus. Principium, quo haec investigatio nititur, est sequens: *ut longitudo umbrae est ad altitudinem stili, ita sinus totus est ad tangentem altitudinis Solis supra horizontem.* Sit ex. gr. stilus DC (fig. 19.) super horizontem CL erectus, ejusque umbra projecta sit CF. Vocando a stili altitudinem, b longitudinem umbrae CF, et x angulum CFB trianguli rectanguli BCF, erit ex hoc principio trigonometrico $b: a = r: tang: x$, unde fit $tang.\ x = \frac{a}{b}$. Hinc si a fuerit $= 7$ metr., et $b = 3$ metr., erit $tang. x = \frac{7}{3} = 2,3333$,

cui numero quum in tabulis trigonometricis respondeant gradus 66°, 47′, 42″; sequitur, Solem eo tempore super horizontem eminere gradibus 66°, 47′, 24″. Hinc discimus etiam *Horologia* Solaria, quae *Gnomones* dicuntur, construere, ut in Cosmographia videbimus. Ita pariter ex aedificii, turris, arboris, vel cujuscumque objecti elevati umbra in terrae superficiem projecta, metiri possumus ejusdem altitudinem, si in eadem superficie baculum erigamus, hujusque umbrae longitudinem capiamus: erit enim *uti longitudo umbrae baculi ad hujus altitudinem, ita longitudo umbrae objecti ad hujus pariter altitudinem*, ob triangula utrimque similia. Quaeratur, ex. gr., altitudo turris AB (Fig. 19 *bis*), cujus umbra BDA a radio solari BD, ejus apicem radente, determinatur. Infixo in terrae superficie baculo DE, habebitur proportio CD: DE=DA: AB; atqui hujus proportionis tres priores termini noti sunt; cognoscetur proinde et quartus $AB = \frac{DE \times DA}{CD}$. Sit DE=6, DA=30, CD=4, erit $\frac{6 \times 30}{4} = \frac{180}{4} = 45$; hic numerus turris altitudinem designabit. Hac quidem methodo Thales fertur jam apud Ægyptios pyramidum altitudines ex umbra earum dimensum fuisse (1). Ex hoc autem manifestum esse potest quod *Sole sopra horizontem gradibus 45 elevato, umbrae objectorum omnium objectis ipsis sint aequales; sole ad meridianum constituto, umbrae sint minimae; sole denique ab ortu parum remoto, vel occasum versus inclinante, umbrae sint longiores, decrescentes ibi, hic crescentes;* unde vesperi semper (ut Virgilius Ecl. 1. vers. ult. ait:)

Majoresque cadunt altis de montibus umbrae.

Mittimus caeteros umbrarum in scientiis usus.

CAPUT SECUNDUM

DE CATOPTRICA, SEU DE MOTU LUCIS REFLEXO.

559. Quotidiana constat experientia lucem e corpore lucente emanatam, atque in objecta, quae trajicere nequit, illapsam, quaquaversum resilire, si horum superficies fuerint asperae, et inaequales; secundum aliquam directionem vero retroverti, si superficies tersae fuerint ac politae. Hic posterior lucis regressus *Reflexio* appellatur. Ut hujus reflexionis Legem primam, ac praecipuam concipiamus, in obscuro conclavi super plano metallico ad splendorem usque edolato MN (Fig. 20.) collocetur semicirculus BCL in gradus divisus, ita ut ejus centrum sit in A, et superficies ad

(1) Vide Diogen. Laert. Lib. 1.

planum perpendicularis: deinde radius solaris per foramen G excipiatur, ita ut incidat in punctum A: deprehendetur radius hic a speculo retroagi, et quidem in linea iterum recta AH, sic, ut angulus MAE, quem radius GA cum plano MN format, aequalis sit angulo NAH, quem radius retroactus format cum eodem plano (1). Punctum A, in quod incidit radius GA a puncto radiante G emanans, *punctum incidentiae* appellatur; idem vocatur *punctum reflexionis* respectu radii AH, qui inde reflectitur. Radius GA a puncto radiante ad punctum incidentiae ductus, *radius incidens*, vel *linea incidentiae* vocatur: angulus vero GAB, quem radius incidens efficit cum plano (vel cum tangente in puncto incidentiae, si objectum MN fuerit curvum) *angulus incidentiae* dicitur. *Radius reflexus* est recta AH, per quam lux a puncto reflexionis A repercutitur; angulus vero a radio retroflexo cum plano factus (vel cum dicta tangente), *angulus reflexionis* dici solet. Experientia itaque perspicue demonstrat in lucis reflexione 1.° *angulum reflexionis semper angulo incidentiae esse aequalem*: 2.° *utrumque radium cum perpendiculari ad planum in puncto reflexionis ducta esse in uno eodemque plano*. Haec Lex est totius Catoptricae fundamentum.

560. Legem hanc, quam ab experientia deduximus, sic ex principiis mechanicis compositionis et resolutionis motus, post Cartesium, deduci solet. Ex puncto radiante A (Fig. 21) incidat radius AC in superficiem opacam perpolitam HCE: conabitur ille in C continuare viam suam per CG, in directum positam cum AC, celeritate ex. gr.=CG. Quum autem hoc illi denegetur a plani resistentia; resolvatur haec celeritas in duas collaterales, in CD nempe superficiei planae perpendicularem, et in parallelam CE; absolutoque rectangulo CDGE, punctum in C jam concipi potest ac si moveretur simul directionibus, et celeritatibus CD, CE. Atqui prior describi nequit, sed retroagitur in directionem CF = CD; altera autem CE non mutatur; motus ergo fiet secundum diagonalem CB, absoluto rectangulo CFBE. Sed ob triangula rectangula similia CBE, et GCD est angulus ECB=ang. CGD=ang. ECG = verticali angulo ACH; angulus ergo incidentiae ACH, et angulus reflexionis BCE sunt aequales. Porro quoniam omne triangulum in uno eodemque plano existit; triangulum BCA erit in uno plano; rectae autem FC, et CE sunt in eodem plano, quod quidem ad superficiem est perpendiculare; et in eodem hoc plano existit *resultans* CB ex motu composito CF, et CE; ergo planum BCA est in plano ad superficiem EH perpendiculari, hoc est in eodem plano, in quo est CF.

(1) Idem profecto deprehendes, si tubum inflexum plano perpolito sub aequalibus utrinque angulis verticaliter applicabis: in hoc enim radius incidens per unam tubi partem ingrediens, per alteram iterum exit.

561. Haec reflexionis lex tam luci, quam reliquis corporibus elasticis aeque convenit. Cave tamen credas utramque reflexionem ab eadem caussa pendere, lucem nempe ut reliqua corpora elastica reflecti ob impactum in obstacula, in quae incurrit: si enim ita foret, numquam juxta descriptam legem adamussim reflecteretur. Nam quantumvis levigatae, et perpolitae concipiantur corporum superficies, fieri profecto nequit, quin permultis asperitatibus scateant, quae etsi minutissimae sint, et exiguae, respectu tamen radiorum lucis, qui in ipsas incurrunt, infinitae sunt magnitudinis, ita ut eos disperdere valerent, non autem reflectere. Tam fieri potest, ut lux ob impactum in corpora quantumvis levigata ordinatim reflectatur, quam ut idem effectus expectetur a minutissimae arenae pugillo, quod contra acervum lapidum, etiam ingenti vi projiceretur.

562. Quaenam igitur est caussa, a qua lucis reflexio pendet? In ea assignanda plurimum dissentiunt Physici. Qui cum Newtono *emissionum* systema sequuntur, ob rationem superius (561) allatam, contendunt, radios prius reflecti, quam corporum superficiem contingant, ex quadam vi repellente, quae corporum superficiem quasi circumvestit, et ad quamdam a superficie ipsa distantiam ita diffunditur, ut advenientem lucem ante verum contactum mathematicum regerat. Qui vero *vibrationum* systemati adhaerent, putant lucem reapse contingere solidas corporum partes secundum directionem radii *incidentis*, indeque secundum directionem radii *reflexi* communicare aliis particulis *pressionem* suam, vel suas *vibrationes*. Corpora enim, inquiunt hi, non conspicimus, nisi per radios reflexos; atqui profecto non viderentur, nisi radii a propriis corporum partibus ad oculos nostros remitterentur. Praeterea, instant, quis concipiet vim illam radios repellentem, et corporum superficies ambientem? nonne Peripateticorum occultae qualitates hac ratione ad vitam revocantur? Nisi ipsae corporum superficies radios lucis reflecterent, quorsum in iis perpoliendis tantum curae adhibetur, cum eas radii nequidem contingant? qui fieri potest ut eas calefaciant? Denique quamvis corporum superficies probe levigatae plurimum habeant asperitatis, et inaequalitatis, id non obstat quo minus magna radiorum copia ita retrovertatur, ut angulus reflexionis sit angulo incidentiae aequalis; in corporum enim superficie multae sunt partes juxta eamdem lineam rectam dispositae, quae lucis radios juxta propositam legem reflectere valent.

563. Quidquid inde sit, evidens est, reflexionis legem fundamentalem tot variationibus esse obnoxiam, quot sunt superficierum species, in quas lucis radii incurrunt. Lucis enim radius in corpora incurrere potest, quorum superficies vel probe sint laevigatae, vel asperitatibus plenae, sive opaca, sive diaphana illa sint.

Ubi corporum superficies probe fuerit laevigata et polita, radii lucis in illam incidentes, *regulariter*, juxta Leges superius statutas (559), *reflectuntur;* ubi vero eorum superficies fuerit scabra, *reflexio* erit *irregularis*. Corpora opaca perpolita et laevigata, quae lucem regulariter reflectunt, *splendentia* dicuntur (1); reliqua dumtaxat *visibilia* sunt. Ubi vero corpora fuerint etiam diaphana, tunc radiorum lucis portio in illa ingrediens, eorum substantiam permeat secundum quasdam leges, de quibus postea loquemur. Notandum tamen hic est, *in reflexione regulari* nobis exhiberi *corpus illuminans* in sua forma naturali; *in reflexione* vero *irregulari* nonnisi *corpus illuminatum* nos videre: in hoc enim casu lucis radii, qui in hoc corpus incidunt, a superficiei asperitatibus dividuntur, et in diversas directiones reflexi ita disperduntur, ut imagines corporum illuminantium, unde proveniunt, depingere nequeant, adeoque dumtaxat corpus, in quod incidunt, nobis videndum exhibent. E contrario in reflexione regulari quum radii ad oculum eo ordine perveniant, quo a corporibus illuminantibus proficiscuntur, fit ut eorum naturales imagines ita servent ac pingant, ut ratio inter eorum dimensiones numquam immutetur, etiam si ipsae, ob diversam corporum reflectentium formam, augeantur, vel minuantur. Quumque ipsa etiam corpora laevigatissima, quamvis corpus lucidum in sua naturali forma exhibeant, sint saltem in minoribus distantiis visibilia; hinc concludendum est, ipsorum superficies quae politissimae nobis videntur, pluribus asperitatibus scatere, quae lucis portionem irregulariter reflectunt; alioquin ipsa nullatenus videri possent (2). Sciendum est etiam *lucis reflexae intensitatem* semper *lucis incidentis intensitate esse minorem:* ex experimentis namque D[ni] Bouguer constat, ex 1000 radiis in aquae superficiem sub angulo 10°. incidentibus, 333 reflecti, reliquos ab ipsa absorberi et refringi; si vero iidem 1000 radii in vitri superficiem incidant, reflecti radios 412, reliquos per vitri substantiam transmeare. Corpora laevigata, et polita, quae lucem illapsam ordinate, sine confusione, et in directione aliqua communi reflectunt, *Specula* (3) vocantur, quae

(1) Talis est etiam aqua stagnans, et quieta, fundo opaco praedita, quae rusticorum quondam erant specula juxta illud Virgilii Ecl: II. v. 25.

Nec sum adeo informis: nuper me in littore vidi
Quum placidum ventis staret mare. . . .

Idem praestat aqua pura ad parvam altitudinem alicui laminae superfusa, et conglaciata.

(2) Inde sequitur, Lunae, planetarumque reliquorum superficiem esse valde scabram; alioquin Solis imaginem illa sidera nobis exhiberent; ipsaque essent, ob ingentem distantiam, invisibilia.

(3) *Specula* ita vocantur, quia in ipsis *spectantur* quaecumque circumjecta sunt corpora. Insignem habent antiquitatem: eorum enim originem ad Aesculapium refert Cicero de Nat. Deor. cap. 3. Praxiteles, tempore Pompei M., primus eadem confecit argentea, ut refert Plinius Lib. 33. 9. Ex ære autem polito specula antiquis-

prout variam habent superficiem, diversa accipiunt nomina, et *plana*, *sphaerico-concava*, *sphaerico-convexa*, *cylindrica*, *conica*, *hyperbolica*, *ellyptica*, *pyramidalia*, *prismatica*, pro varia ipsorum forma, vocantur. Quum autem haec omnia speculorum genera ad tres classes redigi possint, prout superficie *plana*, vel *curva concava*, aut *curva convexa* constant; hinc de his tribus speculorum speciebus tantum distincte agemus; de aliis vero, utpote magis ad delectationem, quam ad utilitatem spectantibus, raptim pauca delibabimus.

ARTICULUS PRIMUS

DE SPECULIS PLANIS.

564. Tam ex experimentis, quam ex demonstratione compertum est, radios lucis in speculum planum incidentes eadem ratione *reflecti*, qua ad ipsum pervenerant. Ubi itaque vel *paralleli*, vel *convergentes* sint ad speculum accedendo, eumdem inter se ordinem et situm etiam post *reflexionem* constanter retinebunt. Id necessario sequitur ex eo, quod ejusmodi speculorum superficies sit plana, et uniformis, et ex theoremate superius (559) constabilito, quod nempe angulus *reflexionis angulo incidentiae semper aequalis* esse debeat. Incidant enim in speculum planum AB (Fig. 22.) *radii paralleli* Sa, S′b: hi quum a plano AB secentur, angulos exteriorem SaA, et interiorem oppositum S′bA aequales conficient. Atqui ob reflexionem angulus reflexionis debet esse angulo incidentiae semper aequalis; erunt idcirco RaB=SaA, et R′bB=S′bA; hinc etiam RaB = R′bB; adeoque radii reflexi aR, bR′ erunt inter se, ut radii incidentes, paralleli. Ubi vero radii a puncto radiante S *divergentes* in speculum incidant, ut Sa, Sb (Fig. 23.), angulos incidentes SaA, SbA angulis reflexionis RaB, R′bB aequales conficient: atqui in triangulo aSb, cujus latus ab versus A productus est, angulus exterior SaA > interiori opposito SbA; erit ergo etiam RaB > R′bB. His duobus addatur in communi angulus R′ba; erit RaB + R′ba > R′bB + R′ba. Sed R′bB + R′ba duorum rectorum summam efficiunt; duo anguli RaB + R′ba igitur duos rectos superabunt; ac proinde radii reflexi aR, bR′, non erunt inter se paralleli, sed *divergentes* versus R, et R′. Quocirca *radii divergentes ita a speculis*

sima erant confecta; sed ex Dantis Inferno, C. XXIII. v. 25, patet, eorum usum jam a saeculo XII in desuetudinem abiisse, et vitro accomodatum fuisse, cui politissima stannea lamella hydrargiro perfusa esset subjecta, quae radiis transitum denegaret. Hic autem notandum, ipsa specula vitrea non esse reipsa nisi metallica; nam in iis reflexio minime efficitur in vitrum, sed in lamellam stanneam perpolitam: vitrum autem ei superimponitur ut illam ab actione externarum caussarum, quae oxydationem gignere possunt, defendat: quare praestantiora specula sunt illa, quorum vitra sunt magis laevigata, et minus crassa.

planis reflectuntur, ut basis minor coni truncati, quem radii divergentes conficiunt, eadem sit cum basi, quam conus radiorum incidens Sab in plano AB *efficit*; ea nempe ratione reflectuntur, *ac si a puncto inferiori* S′ *emissi recta perrexissent per* S′R, S′R′. Eodem prorsus modo demonstrari potest, radios convergentes Ra, R′b in speculum incidentes eadem prorsus convergentia ab eodem reflecti, et in puncto S conjungi (1).

565. Recta SA, quae a puncto radiante S ad speculum AB perpendicularis ducitur, et usque ad punctum S′ producitur, in quo radii reflexi inter se conjungi concipiuntur, *cathetus incidentiae* appellatur. Intelligitur proinde, radii reflexi ope nos non videre ipsum objectum radians, sed ejusdem tantum idolum, seu phantasma quoddam, quod objecti *imago* vocari solet; quae, ut ait Barrowius(2), non est « nisi lux ab objectis ipsis reflexa, ita ut in unum « locum, talemque situm recolligatur, qualem tunc obtinuit, quum « ab originali proflueret objecto, directoque itinere oculum ver- « sus procederet; quo fit ut similiter objecta vera, sed tamquam « alibi collocata, repraesententur». Radiorum itaque reflexorum ope objecta vera per suas imagines cernimus, alioque in loco ac in quo reipsa sunt; quem locum in quolibet casu determinate indicare praecipuum ac unicum fere est totius Catoptrices problema.

566. Imago itaque alicujus puncti radiantis 1.° *ibi inspicietur ubi radius reflexus cum catheto incidentiae concurrit*: 2.° *tantum ex parte speculi postica distare videbitur, quantum ex illius antica parte abest*: 3.° *ejusdemque magnitudinis apparebit, ac res objecta.* Esto punctum radians S (Fig. 23.), ex quo radii Sa, Sb incidant in speculum AB. Cathetus SA, et radii reflexi aR, bR′ intelliguntur producti versus S′; oculus vero sit in RR′, ad quem radii reflectuntur. Ex eo quod (564) diximus, duo radii reflexi aR, bR′ secum conveuient in puncto S′, adeoque punctum radians S intra speculum repraesentabunt. In duobus autem triangulis SaA, S′aA anguli in A, utpote recti, aequales sunt; atqui angulus S′aA = RaB ad verticem posito, cui aequalis est angulus incidentiae SaA; erit propterea S′aA = SaA; est autem latus Aa utrique triangulo commune: erit igitur AS = AS′: adeoque radius reflexus Ra productus conveniet cum catheto incidentiae SA in puncto S′. Idem porro demonstrari potest in duobus aliis triangulis SbA, SbA de radio reflexo R′b. Ambo itaque radii Ra, R′b secum coeunt in punctum S′, cujus tanta est distantia a speculo AB, quanta est puncti radiantis ab eodem.

(1) Notandum hic, et deinceps, pro omnibus radiis a puncto aliquo radiante emissis, duos tantum radios infinite sibi vicinos assumi, qui omnibus fasciculis, aut penicillis substituuntur, ut punctum imaginis recte sistatur.

(2) Lect. Opt. p. 4.

Quum autem haec demonstratio ad reliqua rei objectae puncta radiantia extendi possit; intelligitur profecto objecti imaginem intra speculum ejusdem omnino cum objecto magnitudinis exhiberi oportere.

567. Ex hoc principio sequitur, 1.° in speculo plano objecti imaginem non mutari; sed si objectum ad speculum accedet, imago etiam accedere videbitur; si ab eodem recedat, etiam illa recedere videbitur; si parallelum ad speculum moveatur, versus eamdem partem et illa movebitur, adeo tamen, ut quae objecti pars dextera est, imaginis sinistra sit, et contra; imago ex. gr. mea videtur mihi in speculo directe obversa, unde quae mihi dextera est manus, ibi necessario sinistra esse debet, et viceversa. 2.° Omnes homines idem objectum in speculo plano contuentes, illud in uno eodemque loco semper videbunt: quia ob fixum objectum, pro singulis radiis reflexis, singulos oculos ferientibus, cathetus incidentiae, et radius reflexus semper in idem punctum coeunt. 3.° In eodem speculo horizontaliter collocato objecta superiora quasi demersa videntur, imaginesque omnes sunt objectis suis non *inversae*, ut dici solet, sed *symmetricae*. Hinc homines apparere debent capite deorsum, pedibus sursum, vergentes: hinc etiam arbores, aedificia, aliaque ejusmodi ad ripam lacus, vel fluvii sita apparent inversa: pari modo, speculis in laqueari positis, homines apparent elevati sed iterum inversi, seu melius *symmetrici*: punctum enim b corporis ba, ex. gr. (Fig. 24.), reperiri debet in b', in distantia $a'b' = ab$.

568. Si speculum planum ad horizontem sub angulo semirecto, seu graduum 45.° inclinetur; objectum verticale in eo apparebit horizontale, ut in fig. 25. Ducantur enim ex a, et b in speculum AC duo catheti incidentiae ae, et bd, quibus aequales sint rectae continuatae ea' et db'; punctorum a, et b imagines in a' et b' pingentur, adeoque ipsius objecti imago tota $a'b'$. Iam figura $ea'b'd$ concipiatur rotari et circumplicari circa ed; congruet ea ubique cum $eabd$ ob rectos angulos in e, et d, ob $ea = ea$, ac $db = db'$; hinc angulus $b' = dba$; sed hic est semirectus, ob rectum abC, et semirectum C: ergo etiam b' est semirectus, ac proinde aequalis ipsi dbC: hinc $a'b'$ et bC sunt parallelae: atqui bC est horizontalis: talis ergo erit etiam imago $a'b'$. Hinc si amplum speculum planum ad horizontem sub angulo semirecto inclinaveris, ac versus speculum progrediaris, videbitur tuum corpus horizonti parallelum moveri: quod si brachia extensa perinde agitabis ac alas agitare solent aves, per aera volare tibi videberis, teque ipsum volantem exhibebis. E converso patet etiam, si ab sit horizontalis, illam in speculo apparituram esse verticalem: et si ab parum deflectat a situ horizontali, ut globulus descendere in ea possit, futurum esse ut ejus imago

$a'b'$ parum deflectat a verticali, puteturque in hac globulus sua sponte verticaliter ascendere; praesertim si tubus loco rectae ab adhibeatur, et speculum in cistula obscura occultetur, globulus autem cum tubo bene illuminetur; quale spectaculum a circumforaneis factum, spectatoribus quondam illusit.

569. Homo recta ante speculum verticale constitutus integram suam imaginem tunc inspicere potest, quum speculi altitudo est altitudinis hominis saltem dimidia. Et re quidem vera, oculus in a constitutus (Fig. 26.) videt in speculo MN imaginem $a'b'$ sub angulo $a'ab'$; atqui duo radii in speculo intercipiunt superficiem Md, quae est speculi MN dimidia, ac proinde dimidia rectae ab, ob $aM=Ma'$(566).Si speculum horizonti aliquantulum ex parte superiori inclinetur, minus altitudinis requiritur, quam ubi verticaliter positum fuerit: hinc cuique obvium est, nos integros in parvo speculo mirari posse, illud plus minusve horizonti inclinando; quamvis tunc imago plus minusve obliqua, pro speculi inclinatione videatur.

570. Si speculi alicujus fragmenta, vel plura specula plana ita collocentur, ut omnia sint in uno eodemque plano, tum in illis unum objectum nonnisi unicum apparebit. Cathetus enim incidentiae hac constitutione non mutatur. Si plura specula ita disponantur, ut eorum latitudines sint veluti chordae circuli, longitudines vero horizonti normales; oculus in hujus circuli centro sui imaginem videbit in singulis cathetis, ac propterea pro speculorum numero multiplicatam. Quum enim omnes rectae ad medias chordas e centro ductae sint perpendiculares, seu catheti; radii vero perpendiculares in seipsos reflectuntur, ut efficiatur angulus reflexionis angulo incidentiae aequalis; sequitur, cathetos omnes in centrum reflecti; ergo tot imagines ad oculum redibunt, quot sunt specula.

571. Si duo specula MN, LR (Fig. 27.) parallela disponantur, atque inter ea objectum x constituatur, duae videbuntur imaginum series in infinitum excurrentes, ut a, b, d, et a', c, etc.: imago enim in uno speculo est objectum vicarium respectu alterius speculi. Radii namque in MN, et LR directe incidentes, primam imaginem tam in a, quam in a' efformant. Radii in LR incidentes, ubi reflectuntur, ita se habent, ac si a puncto a' emitterentur, et in speculum MN incidentes alteram in puncto b (quod puncto a' est symmetricum respectu speculi MN) imaginem efficiunt. In puncto c depingitur et alia imago a radiis ex puncto a in speculum LR incidentibus; nam hoc punctum c respectu speculi LR est puncto a symmetricum. Deinde radii, qui primam subierunt reflexionem in MN, et aliam in LR, a puncto c iterum emittuntur, et aliam imaginem in d depingunt; nam d est puncto c symmetricum relate ad MN, et sic deinceps. Illud tamen animadvertendum, per repetitas

reflexiones lumen assidue minui, unde fit, ut imagines languescant. Si imagines, quae a prima reflexione in MN oriuntur, ab aliis, quae oriuntur a prima reflexione supra LR, discernere velis, adhibeas oportet objectum aliquod, laminam ex. gr., quarum duae facies oppositae duobus diversis coloribus fuerint depictae, quae nempe rubra sit ex parte, quae MN respicit, et viridis ex alia parte versus LR posita; tunc enim imagines in MN essent alternatim rubrae et virides, aliae vero in LR essent virides, et rubrae.

572. Si duo specula AB, BC (Fig. 28.) sub quovis angulo uniantur, et tam objectum D, quam spectatoris oculus O sit intra eum angulum, tot videbuntur imagines, quot sunt catheti incidentiae, qui in illa duo specula alternatim duci possunt, et cum radiis reflexis oculum ingredientibus conjunguntur. Sufficiat nobis considerare haec duo specula sub angulo acuto ABC unita. In puncto D sit objectum D, oculus vero sit in O: radius DE impingens in speculum AB, reflectetur per EO, et prima objecti imago apparebit in D', ubi cathetus incidentiae DD' cum radio OE producto concurrit (566). Imago D' est objectum pro altero speculo BC, in quod gignit imaginem D''', quae est secunda imago a speculo BC exhibita; nam prior imago D'', quae in hoc speculo videtur, directe gignitur ab ipso objecto D, ut gignitur prima imago D' in speculo BA: habentur itaque tres imagines D', D'', D'''. Ita pariter, imago D'' est objectum respectu speculi AB, in quod gignit alteram imaginem D^{iv}, cujus situs determinatur etiam a concursu radii reflexi OF cum catheto incidentiae D'' D^{iv}; et sic porro. Ex quo patet, pro majori speculorum inclinatione imagines multiplicari: earum tamen numerum esse finitum; nam quo magis multiplicantur, eo magis ab objecto removentur, et dilutiores redduntur, donec catheti incidentiae ab ipsis ductae quum extra speculorum angulum cadant, ipsaque specula non amplius secent, novas imagines gignere nequeunt. Ex geometricis considerationibus statutum fuit, quod si objectum simul et imagines ipsius numerentur, sub apertura graduum 180 haec repetitio designabitur n.° 2: videbitur nempe objectum ejusque imago:

sub apertura graduum	120	videbitur objectum et duae imagines, nempe	3,
sub apertura graduum	90	videbitur objectum et tres imagines, nempe	4
	65.	. . . .	5
	60.	. . . .	6
	50.	. . . .	7
	45.	. . . .	8
	40.	. . . .	9
	36.	. . . .	10
	30.	. . . .	12

Hoc principio nititur illius instrumenti constructio, quod *Caleidoscopium* (1) vocatur, quodque a Brewster anno 1818 inventum et

(1) A καλος, pulcher; ειδος, imago; et σκοπειν, video.

pro delectatione adolescentulorum tantum prius efformatum, a clariss. *Paulo Anania De Luca* Neapolitano ad utiles artes extendi posse demonstratum est. Consistit in quodam tubo metallico, vel ex charta spissiori, in quo duo longa specula ad tubi axem parallela, et inter se sub quodam angulo ad instar libri parum aperti, disponuntur. Ad unum tubi extremum aptantur duo disci plani ex vitro, qui inter se per aliquot linearum intervallum distantes, et ope zonae similiter metallicae, vel chartaceae conjuncti, cylindrum cavum constituunt, in quo includuntur frustula vitrea diversi coloris, aliaque parva objecta, quae situm mutant prout tubus horizontaliter volvitur. Aliud tubi extremum operculo clausum est, in cujus centro adest foramen circulare. Si oculum huic foramini aptabis, et lente tubum sic horizontaliter positum volves, plurimas successive observabis figuras inter se apte et concinne dispositas. Vide ejusdem Physici ea de re Dissertationes, quarum una in volumine 14. an. 5. Ephemeridis, cui titulus *Progresso delle Scienze, Lettere, ed Arti* continetur, alia vero in volumine, quod *Rendiconto della R. Accademia delle Scienze di Napoli* appellatur, An. 1842. pag. 66, num. 3. (1).

573. Illud denique notandum, in speculis crystallinis duplicem semper fieri reflexionem, unam quidem ab externa crystalli superficie, alteram a stanneis lamellis, quibus postica superficies obducitur: duasque idcirco imagines fieri, quarum tamen altera alteri

(1) Est et aliud instrumentum opticum, quod *Polemoscopium* Optici vocant, quo objecta inspicere potest observator quin ipse videatur. In tubo KNDM aperto in AK (fig. 29.), oblique speculum AB ponitur, ut plurimum ad angulum 45.° inclinatum, ipsique parallelum alterum speculum CD. In E est parvum foramen, cui admovetur oculus. Objecta itaque externa S radios vibrant in speculum AB, a quo in speculum CD reflectuntur; in hoc sub aequali angulo versus E repercutiuntur, ita ut oculus hic positus objecta S videat, quin ipse videatur. Quod si in K et E duae lentes disponantur, ut in telescopio Galilaeano, de quo infra, objecta permultum distantia observari poterunt. Dictum est autem Polemoscopium ab Hevelio, qui ipsius inventor fuit, a πολεμος, *bellum*, et σκοπεω, *video*, quia ejus in bello usus esse potest, ut quis supra vallum conspicere possit hostes aggredientes, quin tamen caput ipsorum ictibus exponat.

Qui theorias hactenus expositas animo comprehendit, haud difficulter variarum machinarum Catoptricarum constructiones intelliget, aliasque pro suo lubitu ipse excogitabit. Ut ejus rei unicum exemplum afferamus, poterit quis, ex principiis superius firmatis, capsam catoptricam construere, in quam introspicienti objecta quaecumque intus collocata appareant mire multiplicata et per vasta spatia diffusa. Id consequetur, parando ex ligno vel alia materia capsam polygonam, figuram prismatis multilateris habentem, deinde plana lateralia interius vestiendo vitreis speculis planis, in quorum singulis adsit foramen rotundum per quod in capsam introspicere detur: hoc autem foramen parari potest abradendo in ea tantum parte stanni et mercurii bracteam, qua speculi vitrum inductum est. Si basis superior hujus capsae operiatur membrana tenui pellucida, ut lumini in eam aditus pateat, et deinde oculus uni ex his foraminibus applicetur, jucundo spectaculo videbit objectum quodcumque in fundo collocatum (ex. gr. aviculam cavea inclusam, quae huc illucque volitans suaviter moduletur) multiplicatum, et inaequalibus ab oculo intervallis remotum. Et sic de reliquis.

superinducitur, unde fit ut in unam confundantur. Imago, quae fit a radiis ab extima crystalli superficie repercussis multo est debilior altera imagine, quae a radiis ex postica superficie reflexis efformatur: extima enim crystalli superficies utpote diaphana, paucos radios reflectit, adeoque debiliorem imaginem exhibet. Hae duae imagines tantum inter se distant, quanta est ipsius crystalli crassities; quae si exilis admodum fuerit, inter se illae permiscentur. Noctu interdum ejusmodi imagines distinctae videntur, si accensam candelam speculo admoveas. Hoc repetitae imaginis incommodo quum careant specula metallica, in delicatis experimentis conficiendis haec potius, quam crystallina adhiberi solent; quamvis haec suis etiam incommodis obnoxia sint; nam eorum superficies facile oxydari potest, et magno pretio veneunt.

ARTICULUS SECUNDUS

DE SPECULIS CONCAVIS.

574. Lex reflexionis, quam superius stabilivimus (559), probe intellecta, reliquorum speculorum phaenomena explicat. Pro principio generali omnes Physici admittunt in quovis superficiei curvae puncto lucis reflexionem aeque fieri ac si in planum, quod hoc punctum tangit, illaberetur. Quocirca cujuscumque speciei superficiebus eadem lex applicatur; omnesque, quae hac super re institui possunt quaestiones, nihil aliud inquirunt, nisi ut *plani tangentis*, vel *lineae perpendicularis directio* inveniatur: id quod ex geometria facile determinari potest. Hinc objectum lucidum in centro sphaerae vacuae, ac interius probe laevigatae positum, radios in omnia hujus superficiei puncta emitteret, qui utpote perpendiculares, in seipsos reflecterentur, omnesque in centro recolligerentur: quocirca si oculus fuerit in sphaerae centro positus, omnes radios a quolibet sui puncto emissos recipiet; adeoque confuse imaginem sui per totum speculum diffusam videbit. Pari modo objectum luminosum in altero *ellypsoidis foco* positum radios in quodlibet hujus superficiei punctum emitteret, qui omnes in alterum *focum* coirent: si idem objectum in *paraboloidis foco* constituatur, radios in hujus superficiem emitteret, qui reflecterentur in directione axi parallela, adeoque in infinitum projicerentur. Id ex horum solidorum natura oriri nullo negotio intelligitur.

575. Concipe nunc sphaeram vacuam, cujus interior superficies fuerit politissima, quae a plano aliquo in duo inaequalia segmenta utcumque secetur; segmentum minus tibi exhibebit *speculum sphaericum concavum*; quod si exterius laevigatum fuerit, *speculum convexum* exhibebit. Speculi *amplitudo* est angulus, quem duo radii

CM, CM′ (Fig. 30.) ab hujus segmenti extremis partibus emissi efficiunt; ejus *diameter* est linea MM′, quae ejusdem segmenti partes extremas conjungit; ejus *axis* est linea BAC a centro segmenti ad sphaerae centrum ducta. Punctum B vocatur etiam *centrum figurae*, *centrum opticum*, seu *vertex* speculi; punctum C vero, nempe centrum sphaerae, centrum *curvaturae*, seu *centrum geometricum* appellatur. *Focus* denique est locus, in quo radii a speculo reflexi vel reipsa colliguntur, vel tamquam collecti concipiuntur; qui locus, ut ex dicendis, esse potest vel infra, vel ultra speculum; unde in *positivum*, et *negativum* distinguitur.

576. His praemissis, pro triplici ratione, qua radii in hoc speculum incidere possunt, tria theoremata consequuntur. Radii enim in speculum concavum, vel *paralleli* incidere possunt, vel *convergentes*, vel *divergentes*. Ubi radii incidant *paralleli* ad axem Ap (Fig. 31.), veluti mM, m′M′, in reflexione *convergent* per MF, M′F. Nam e centro curvaturae C excitetur perpendicularis CM; manifestum erit, angulum reflexionis FMC esse angulo incidentiae mMC aequalem. Erecta item perpendiculari CM′, angulus reflexionis CM′F erit angulo incidentiae m′M′C aequalis. Radii paralleli mM, m′M′ itaque per MF, et MF reflectuntur: id quod quum de omnibus aliis quibusque radiis parallelis dici possit; patet, omnes circa idem axis punctum F coire. Hoc punctum *focus positivus*, *solaris*, seu *focus principalis speculi* appellatur, quia habetur ubi corpora enormiter a speculo distantia, uti sunt Sol, aliaque astra, licet radios divergentes emittant, hi tamen in speculum incidunt sensibiliter paralleli; illorum enim angulus ob enormem distantiam ad sensum evanescit. Hic focus existit in eo axis puncto, *quod a speculi vertice per dimidium radium curvaturae*, seu *per quartam partem diametri sphaerae distat* (1). Quum enim radii pA, m′M′ sint paralleli, anguli CM′m′, M′CF, utpote alterni, aequales erunt; atqui angulus reflexionis FM′C est angulo incidentiae m′M′C aequalis; erit itaque angulus FM′C=FCM′: adeoque duo latera FM′, FC trianguli isoscelis FM′C aequalia erunt. Atqui, posito arcu AM′ infinite parvo, est AF=FM′; erit proinde AF = FC: ac per consequens AF dimidium radii curvaturae AC, seu pars quarta diametri illius sphaerae, cujus segmentum a speculo exhibetur.

(1) Facile autem tibi erit datae sphaerae, cujus speculum est segmentum, invenire diametrum, ut speculi concavi focum *a priori* determinare possis. Metire namque chordam speculi AB (Fig. 32.), atque ejus sagittam EP ex medio chordae E in verticem speculi P ductam: erunt ex natura circuli $EP : \frac{1}{2}AB : EF ::$, adeoque

$$EF = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}AB^2}{EP}}$$; cui EF jam cognitae, si addas sagittam EP, habebis integram diametrum PF speculi APB.

577. Hic autem animadvertendum, radios hoc modo reflexos tunc solum in axis unicum punctum coire, quum radius $m'M'$ (Fig. 33.) fuerit axi vicinissimus. Si autem radius ex. gr. mM magis ab axe Ap distiterit, ducto catheto CM, tam angulus incidentiae mMC, quam reflexionis CMf major erit angulo $CM'F$: quare radius mM post reflexionem conveniet cum axe in punctum f, quod infra punctum F jacet. Quocirca in speculis sphaerico-concavis, non in idem punctum omnes radii conveniunt; sed veluti quemdam *circellum* (qui propterea horum speculorum *focus* est) efficiunt, qui inter quartam, et quintam ipsorum diametrorum partem invenitur; cujus determinatio ex trigonometria haberi potest. Haec radiorum reflexorum deviatio *aberrationis sphaericitatis* nomine vocatur; a majori enim, vel minori sphaerae curvatura pendet; quod quum sit spatium valde adhuc angustum respectu diametri speculorum, quae confici solent, hinc artifices specula haec ustoria ita conficiunt, ut arcus AM speculi totius dimidius, gradus 9 non excedat, adeoque tota speculi latitudo MM'' sit chorda subtendens arcum 18.°; si enim specula majoris arcus fabricarentur, reliquum supra hos 18 gradus inutile esset tum ad illuminandum, tum ad comburendum.

578. Si radii in speculum MM' (Fig. 34.) incidant *convergentes*, uti mM, $m'M'$, potius quam paralleli, *convergent* in reflexione per MF, $M'F$. Si enim dum incidunt paralleli, convergentes redduntur per reflexionem (576); evidens est, eosdem multo magis convergere debere dum convergentes illabuntur. Unde etiam ipsorum *focus* erit *positivus*, in puncto quod vertici A magis appropinquatur, pro majori radiorum convergentia.

579. Si radii in speculum *divergentes* incidant, pro diversa incidentiae obliquitate reflecti possunt vel *convergentes*, vel *paralleli*, vel iterum *divergentes*. Reflectuntur *convergentes*, si cadant ex loco ultra focum F, uti DM, et DM' per MB, et $M'B$; vel BM, BM' per MD, $M'D$ (Fig. 35): tunc vero punctum B ultra centrum C, vel punctum D inter centrum C, et focum solarem F est ipsorum radiorum *focus positivus*; qui quidem *focus* D est *speculo vicinior*, seu *radii magis convergunt* prout cadunt *e loco remotiori ultra centrum*, adeoque minus inter se divergunt, quam ubi cadunt e loco huic centro proximiori. Reflectuntur *paralleli, si incidant ex foco* F, uti FM, FM' per Mm, $M'm'$; idque ex ratione prorsus ei contraria, quam antea attulimus (576) (1). Reflectuntur denique item *divergentes*, uti $F'M$, $F'M'$ per Mm'', $M'm'''$, ubi *punctum luminosum intra speculi verticem*, *et focum solarem* sit

(1) Hoc principio lampades illae construuntur, quae ad vias, plateasque noctu illuminandas adhiberi solent. Fax enim in foco speculi concavi accensa, lucem ad ingentem distantiam projicit, eamque ita vividissimam, ut ad 100 passus liber, vel scriptura quaelibet legi possit.

constitutum (578). Quocirca speculi concavi proprietas generalis est ut radii reflectantur vel *convergentes*, vel saltem *minus divergentes*; eaque est ratio, cur ejusmodi specula *specula convergentiae* vocari soleant.

580. Hinc omnia phaenomena explicari possunt, quae his speculis debentur. Et 1.° quidem si ante speculum sphaerico-concavum MN ita collocetur objectum AB (Fig. 36.), ut sit inter focum solarem F, et speculi verticem D; oculus autem sit in eadem a speculo distantia, vel in minori, aut majori, *objecti imago post speculum apparebit* aeque ac in speculo plano, sed tamen *remotior* a speculo ipso, *directa*, et *major quam sit idem objectum*. Penicilli enim luminosi *Bab*, et *Acd*, quum ab objecto AB intra focum solarem, et speculi verticem positum divergentes emittantur, divergentes pariter reflectentur (579); priores quidem per *an*, *br*; posteriores vero per *dn*, *cr*: quocirca uequeunt post reflexionem in unum punctum coire; adeoque ipsorum focus est tautum *negativus*, nempe *post speculum*, ubi reapse unirentur, si post reflexionem versus hanc plagam producerentur. Quum autem oculus referat objectorum imagines ad locum juxta postremam radiorum directionem (552); profecto punctum A conspicere debet in G, et punctum B in F; totumque objectum AB *post* speculum in FG. Erit etiam haec imago a speculo *remotior*, quam sit ipsum objectum, quia radii reflexi *cr*, *dn*, et *an*, *br* minus divergunt, quam in speculo plano, ac proinde minus quam incidentes *Ad*, *Ac*, et *Ba*, *Bb*: quocirca retroacti versus F, et G simul junguntur in majori distantia a speculo, quam si in reflexione naturalem servassent divergentiam, uti evenit in speculis planis. Haec autem imago ipso objecto AB *major* apparebit, quia quum axes *Af*, *Be* penicillorum *Bab*, *Adc* incidant convergentes, ac proinde magis convergentes reflectantur per *eo*, *fo*; punctum *o*, ubi junguntur post reflexionem est speculo proximius, quam O, ubi coirent, si oculus directe ipsos spectaret. Qua de caussa angulus opticus *o* est major quam si naturalis axium convergentia in reflexione non fuisset aucta; major scilicet est angulo optico O, qui fieret ab axibus incidentibus *e*BO, *f*AO; adeoque imago major apparere debet. *Directa* denique eadem apparebit, quia nulla radiorum extra oculum intersectio locum habet; unde fit, ut punctum A in G, et punctum B in F exhibeatur.

581. 2.° Si objectum DE ponatur inter focum solarem I, et centrum H speculi MM′ (Fig. 37.), ejus imago erit *realis*, et apparebit in FG *ultra centrum geometricum*, *major objecto* DE, ac *inversa*. Quum enim focus radiorum, qui ab objecto intra focum solarem et speculi centrum emittuntur, ultra hoc centrum sit positus (579); objecti imago in hoc casu realis esse debet, et a speculo remotior, quam ipsum objectum DE. Et re quidem vera, quum quilibet ra-

dius penicilli luminosi DMM', qui a puncto D emittitur, reflexionis angulum angulo incidentiae aequalem efficere debeat; radius DM reflectetur per MG; et radius DM' per M'G; adeoque imago puncti D conspicietur in G, ubi radii reflexi MG, M'G concurrunt. Id quod quum de omnibus aliis radiis, qui a quolibet objecti DE puncto emittuntur verum sit; patet, objecti imaginem in FG repraesentari debere, nempe a speculo *remotiorem*, quam ipsum objectum DE, ipso objecto *majorem*, et *inversum* ob radiorum GM, GM', et FM, FM' intersectionem. Haec autem imago si in camera obscura, ope corporis luminosi, oculo in justa distantia pro distincta visione constituto, excipiatur, in aere pendula perspici potest. Potest etiam excipi in charta alba in justa distantia a speculo collocata.

582. 3.° Ob rationem prorsus huic oppositam, si objectum fuerit FG, nempe ultra centrum H, ejus imago conspicietur pendula in aere in DE, inter focum I et centrum H, eritque *minor* objecto, ac *inversa*. Quocirca generatim statui potest, in speculis sphaerico-concavis imaginem diversa phaenomena exhibere prout majori vel minori ab illis distantia objectum collocatur. 1.° Ubi objectum inter focum speculi, ac speculum ipsum collocatur, *imago post speculum conspicitur, erecta, ipso objecto major, et a speculo remotior quam ipsum objectum*. 2.° Ubi objectum inter focum, et centrum geometricum ponitur, *imago e speculi regione ultra centrum in aere depingitur, inversa, et objecto ipso major*. 3.° Denique si objectum ultra centrum geometricum sit constitutum, *imago conspicietur intra hoc centrum et focum, minor objecto, et inversa*.

583. Inter omnes tamen proprietates, quibus specula concava donantur, illa est praecipua, qua radios lucis calorificos, uti sunt radii solares viis inter se parallelis eorum concavitatem ingredientes, in angustum spatium coarctant; atque sic radiorum hic collectorum ope objecta quaeque inflammabilia ipsis admota, statim accenduntur, et liquabilia liquefiunt (483). Ob id *specula caustica*, vel *ustoria* appellari etiam solent; ob eamque rationem pariter, locus ipse in quo fit radiorum collectio, et in quo uno operatur combustio, *focus*, vel *punctum ustorium* vocatur. Hunc focum non esse *unicum punctum*, sed quemdam circellum ob sphaericitatis aberrationem monuimus (577); ejusque *vis caustica* aestimatur comparatione facta inter hujus circelli aream, et aream sive superficiem totius speculi; quot enim vicibus speculi superficies hujus foci superficiem excedit, tot vicibus intensitas radiorum a foco collectorum lucis solaris intensitatem superabit. Nil mirum itaque, si combustio ab his speculis producta, substantias vel durissimas brevissimo tempore liquefacere valet. Fieri solent ejusmodi specula ex crystallo, ex metallo polito, e stanno, ex marmore, ex ligno, ex gypso, et etiam ex charta inaurata: vis enim caustica non a mate-

riae qualitate, verum a radiorum collectione, et efficacitate procedit. Vitrea tamen, ob duplicem, quam patiuntur reflexionem (573), sunt minus apta quam metallica. Specula caustica celebriora, de quibus Scriptores mentionem faciunt, sunt speculum *Villettii* artificis Lugdunensis, qui speculum elaboravit, quod chordam 43 pollicum habebat, focum a vertice pedes 3, poll. 7 distantem, et foci diametrum 8 in 9 lineas (1); speculum *Garousti* e S. Cyro, quod in observatorio Parisiensi asservatur (2), latitudinis pedum 5, et poll. 1; speculum denique (ut de aliis sileam) Domini Tschirnausen, de quo mira narrantur in *Actis Erudit. Lipsiae* (3); inter quae haec praecipue notatu sunt digna: 1.° hujus speculi foco admotum lignum illico flammam concipit, quam ne ventus quidem valentior extinguere valet; 2.° aqua intra vasculum figulinum ei applicatum extemplo effervescit, ut ova injecta fiant edulia; 3.° massa stanni aut plumbi tres pollices crassa simul ac foco admovetur, guttatim liquescere incipit, et duorum, aut trium minutorum intervallo plane perterebratur; 4.° cuprum, argentum etc. foco admota colliquescunt, 5.° lapides, lateres etc., quae liquefactioni obnoxia non sunt, instar ferri igniti candescunt; 6.° denique crucibuli solidissimi pars foco exposita intra 8 minuta in vitrum conflata est. Attamen hujus speculi focus nonnisi duodecim pedes ab ejus vertice distabat: nec hactenus, ut sciam, majoris amplitudinis specula, quae vim suam ustoriam ad quodvis intervallum proderent, elaborata fuerunt; quum nemo hactenus patinas conficere quiverit, quarum radius 100 pedes aequaret.

584. Quid ergo sentiendum de speculis Archimedis, et Procli a veteribus maxime celebratis, quorum ope ille Romanorum classes prope Syracusas, hic vero Vitaliani naves prope Byzantium incendisse perhibentur? Quum enim ejusmodi speculorum focus quarta diametri parte ab ipso speculo distare debeat (576); quumque, observante P. Kirchero Syracusas transeunte, Romanorum naves ad 30 passuum ad minus distantiam a loco, ubi speculum ustorium collocari potuisset, comburi ab Archimede debuissent; necesse omnino est, ut hujus speculi diameter 120 passus ad minimum habuerit, quod sane ulla humana arte elaborari posse, vix, imo ne vix quidem verisimile videtur. Hinc est, quod de hujusmodi historia a multis subdubitatum fuit; in eaque aliquem fabulae locum esse plerique ajunt. At quoniam haec facta a Scriptoribus coaevis, et fide dignis narrantur; ut explicari possint, pro certo tenendum est, non unum speculum ustorium Archimedem adhibuisse, quemad-

(1) Vide *Journal des Savantes* an. 1679, pag. 335.
(2) V. loc. cit. an. 1685, pag. 466.
(3) V. *Acta Erud. Lipsiae* an. 1687, mens. Januar. pag. 52.

modum persuasum erat iis, quibus speculum illud fabulosum esse videbatur; sed speculum quoddam concavum satis amplum imitatum fuisse, quod ex uno magno speculo constaret, et ex multis volubilibus specillis planis contextum. Simile quid molitus fuit Buffon, qui anno 1747 magnum speculum construxit ex pluribus speculis planis compositum, quorum unumquodque erat dimidii pedis quadrati; eaque suis cardinibus ita movebantur, ut modo majorem, modo minorem toti speculorum collectioni concavitatem conciliarent, atque inde fiebat, ut focus modo ad majorem, modo ad minorem distantiam poneretur; specula enim plana radios reflexos ad ingentem distantiam projicere posse compertum est. Artificioso hoc speculo solares radios eumdem in locum dirigendo, lignum ad 200 pedes combussit, stannum ad 150 pedes, plumbum denique ad 140 pedes fudit. Potuit itaque hoc modo Archimedes ad *jactum arcus*, ut ait Tzetzes (1), seu ad 30 passus, ut inquit P. Kircher, nempe ad 150 pedum distantiam, navium armamenta, quae ignem facile concipiunt, tabulasque pice illitas comburere, totique classi formidabile incendium inducere.

ARTICULUS TERTIUS

DE SPECULIS CONVEXIS.

585. Quae de speculis concavis diximus, ad intelligenda omnia phaenomena reflexionis lucis in speculis convexis facilem viam sternunt. Omnia enim hic contrario prorsus modo, ac in speculis concavis, evenire debere, res est per se perspicua. Hinc 1.° radii *perpendiculariter* in speculum ejusmodi incidentes, per eamdem viam reflectuntur, nihilque suam directionem, ope reflexionis, immutant. Convexa enim superficies constat innumeris superficiebus planis divergentibus, quemadmodum et circuli peripheria infinitis lineis rectis infinite parvis constat. Hinc radius SP (Fig. 38) perpendiculariter in exiguum planum incidit, ideoque per eamdem viam reflectitur. 2.° Radii, qui *paralleli* ad axem SP incidunt, ut Aa, Bb, *divergentes* in reflexione emittuntur per aa', bb'. A centro enim speculi C excitentur perpendiculares Cc, Cc'; erit angulus reflexionis $c'bb'$ = angulo incidentiae Bbc', et angulus reflexionis $a'ac$ = angulo incidentiae Aac; hinc eorum radiorum focus est negativus in puncto F (2). 3.° Radii, qui *divergentes* incidunt, uti

(1) *Chiliade* II.ª n. 35.

(2) Quum planetae, qui radios solares ad nos usque reflectunt, figura sphaerica, aut quasi sphaerica donentur, lumen ab iis ad nos transmissum maxime debilitatur; tum quia longissimum decurrit intervallum a Sole ad illa sydera, ab iisque ad nos

Sa, Sb, in reflexione *magis divergent* per aa'', et bb'', quam si caderent in speculum planum; quum enim in hoc casu anguli incidentiae sint Sac, et Sbc', qui majores sunt respective angulis Aac, Bbc'; patet, angulos reflexionis caa'', c'bb'' esse debere angulis reflexionis caa', c'bb' respective majores, adeoque radios reflexos aa'', bb'' *magis divergere* debere. 4.° Radii denique, qui *convergentes* cadunt, pro diversa incidentiae obliquitate, reflecti possunt vel *minus convergentes*, uti a''a, b''b per aS, bS; vel *paralleli*, si concursum in focum negativum F affectent, uti a'a, bb' per aA, bB; vel demum *divergentes*, uti bm, an, per bb', aa'.

586. His praemissis, facile intelligitur, cur in ejusmodi speculis *imago objecti appareat ipso objecto minor, eidemque speculo vicinior, quam in speculis planis.* Si enim speculo convexo MM' (Fig. 39.) exhibeatur objectum AB, hic radios emittet in o et x, qui reflexi per angulos incidentiae aequales, pervenient ad oculum E per rectas o E, x E'. Ductis itaque ex extremis objecti punctis A, et B ad centrum convexitatis C cathetis perpendicularibus AC, BC, spatio his cathetis comprehenso, nempe ACB, contineri debet objecti imago, inter objectum scilicet AB, et convexitatis centrum C; in his praecise punctis, ubi radii reflexi retroducti concurrunt cum iisdem cathetis sibi respondentibus, nempe in L, R: atqui id spatium coarctatur, augustiusque fit versus C; necesse igitur est, ut hoc spatio comprehensa imago, suo objecto minor appareat. Debet autem ipsa imago videri speculo vicinior, quia in hoc speculo radii divergentes Ao, Ao' reflectuntur per oE, o' E' magis divergentes quam in speculo plano; ergo retroducti per Eo, E'o' citius concurrunt in L. Idem dicendum de aliis radiis Ex, E'x'. Imago igitur est speculo propior, quam objectum AB.

587. Hinc patet, 1.° in speculis convexis *objectorum imagines eo plus minui, quo magis objectum* AB *removetur ab eodem speculo:* pro majori enim objecti distantia magis minuitur angulus ACB a cathetis AC, BC efformatus, ac proinde ipsa etiam intercepta imago LR: 2.° imagines semper *inter horum speculorum centrum, et tangentem, quae per reflexionis punctum ducitur, contineri debere*; et quidem ita, ut imago modo *infra speculum* appareat, modo *in ipsa speculi superficie*, modo denique *supra ejusdem speculi superficiem.* Sit namque speculum MM' (Fig. 40.), in cujus punctum A inci-

perveniendo; tum quia pars luminis, quae versus globum nostrum repellitur, et ad nos usque devenit, maxime rarefit propter radiorum disjunctionem, quos a se invicem removent sphaericae planetarum superficies. Nil mirum itaque, si radii lucis a Luna emissae nullum excitent calorem, etiam quum speculorum ope colliguntur: observante enim D. Bouguer, lunae plenae lumen in sua media a terra distantia tercenties millies rarius est Solis lumine. Vide Poli Lez. di fis. Lez. XXVI Art. V. n. 1728.

dant radii lucis ex B, D, E. Ducatur tangens xx'. Quando lux cadit e puncto B, reflectitur per Ab, et imago apparet in b', in concursu nempe radii bA retroflexi cum catheto incidentiae BC, *supra speculi superficiem.* Si lux e puncto D cadat, reflectitur per Ad, et imago conspicitur iu d' *in speculi superficie*, ibi enim radius retroflexus dA cum catheto DC concurrit. Si denique radius incidat a puncto E, reflectetur per Ae, et imago conspicietur in e' *infra speculum*, ubi radius Ae retroactus, et cathetus EC coeunt. Quocirca statui potest generaliter, in his speculis imagines magis a centro C recedere versus tangentem xx' prout angulus C, efformatus a cathetis incidentiae BC, DC, EC, et a perpendiculari cAC ad tangentem xx' in contactus puncto A ducta (1), major evadit.

588. Horum speculorum usus in arctissimis coangustatur limitibus; iis enim utuntur aliquando pictores in objectis minute depingendis, quae imminuta quidem, sed accuratissima ratione in iis repraesentari solent. Iu hoc autem casu eorum superficies parum convexitatis habeat oportet; alioquin objecta ob longe diversas radiorum reflexiones versus eorum extremas partes difformia viderentur.

ARTICULUS QUARTUS

DE RELIQUIS SPECULORUM SPECIEBUS.

589. Sub hoc articulo comprehendimus omnia speculorum genera, quae quamvis (excepto uno speculo parabolico, et hyperbolico) curiositati magis inserviant, quam utilitati; tamen digna sunt, quae cognoscantur, ne ubi eorum ope objecta deformantur, vel figurae deformes formosae redduntur, juvenes in stuporem rapiantur; quum omnia et hic ab assignatis reflexionis legibus pendeant. Et 1.° quidem:

590. Speculum *parabolicum*, cujus nempe interior superficies constat curvis parabolicis, ea gaudet proprietate, qua *radii in speculum hoc incidentes in directione parallela ad axem ejusdem speculi, in hujus focum* F (Fig. 41.) *concurrunt.* Incidat ex. gr. in speculum parabolicum radius LM. Ducta ex M tangente TMG, angulus incidentiae erit LMG; atqui ex parabolae natura TF=FM; erit itaque angulus FTM=FMT, et propter parallelas ML, AX externus angulus GML=MTF interno: igitur LMG=TMF, qui proinde erit reflexionis angulus; hinc MF est radius reflexus incidentis LM. Eodem modo demonstrari potest Fm esse radium reflexum incidentis lm, et sic deinceps. Omnes itaque radii paralleli in speculum parabolicum incidentes, in unum

(1) Haec perpendicularis cAC appellatur cathetus *obliquationis.*

praecise punctum, nempe in ejus focum colligi debent: hinc liquet hujusmodi specula inter ustoria esse praestantissima. Quod si fax accensa in ejusdem foco constituatur, ex ratione opposita, radii reflexi emittentur ad ingentem distantiam omnes in directione ad axem parallela.

591. In speculo *elliptico* (Fig. 42.) radii omnes, qui ex foco F in superficiem interiorem illabuntur, ut FG, Fr, colligi debent in altero foco *f*. Ea est enim ellypseos proprietas, ut anguli F*Gm*, *fGn*, qui fiunt a radio incidente FG, et reflexo G*f* cum tangente *mn*, sint inter se aequales: atqui lux aequales id genus angulos constanter efficit; patet ergo propositum.

592. Specula *cylindrico convexa* concipi possunt constare secundum longitudinem ex lineis rectis, ad instar speculi plani; secundum latitudinem vero ex lineis curvis, non aliter ac specula sphaerico-convexa. Quapropter specula hujusmodi, perpendiculariter erecta, imagines in seipsis aeque altas ac eorum objecta exhibebunt, sed minus latas, quam in speculo plano, quia speculum planum servat in imagine magnitudinem objecti (566), convexum autem eamdem minuit (586). Contrarium vero eveniet, si speculum horizontaliter constituatur; imago minus alta, sed aeque lata apparebit. Hinc in ejusmodi speculis objecta regularia *irregulares* sui imagines pingunt, adeoque *deformes*; siquidem vel eorum altitudo eadem semper persistit, latitudine imminuta, vel viceversa. Si, ex. gr., facies hominis ita speculo cylindrico objiciatur, ut longitudo sit axi, latitudo diametro parallela, apparebit admodum longa, sed vix digitum lata. Contra si eamdem ita objicias, ut latitudo sit axi, longitudo diametro parallela, ejus figura erit ovalis, latitudine altitudinem excedente; nasum videbis exiguum, os admodum latum, oculos fere clausos. Siculi autem haec specula imagines formosas deformant, ita e contrario deformatas reformant. Possunt igitur objecta quaevis, data opera, ex geometriae notionibus, ita deformata depingi, ut ea deinde ope speculi hujus inspecta, in formam suam naturalem, et legitimam restituantur, seu *regularia* appareant. Quomodo hae imagines difformes in charta pingi debeant, si scire cupis, consule Wolfium (1), et Ozanam (2).

593. Specula cylindrico-concava secundum latitudinem considerari possunt ut composita ex aequalibus circulis sibi impositis; adeoque phaenomena iis similia exhibebunt, quae de speculo sphaerico concavo memoravimus; in iis nempe objecta amplificata, erecta, inversa, ac in variis locis conspicientur. Si vero secundum longitudinem considerentur, ad instar speculi plani concipi debent; hac

(1) Wolfii *Elem. mathem. T. III. C. V. n.* 283, *et seq.*
(2) Ozanam *Recreations mathemat. et Phys. Tom. I. pag.* 448, *et seq.*

ratione itaque phaenomena erunt ut in speculo plano et concavo: quamobrem objectorum imagiues admodum difformes in his videbuntur.

594. Specula *pyramidalia* et *conica* admiranda etiam exhibent phaenomena, quum intricatissimas, et admodum difformes evolvant imagines. Sit ejusmodi speculum ABC (Fig. 43.); pars objecti difformis illud ambiens repraesentatur iu CF, et oculus in O. Radius a puncto objecti D emanans, reflexus a speculo in P, fertur ad O, atque ex *d* videtur provenire: radius pariter puncti E reflexus a speculi puncto S ad O, videtur in *e*: radius FV rediens a speculo videtur in *f*, et sic deinceps: hinc exteriora objecti videbuntur imaginis interiores partes constituere, et interiora objecti imaginis extrema efficient. Quocirca ope speculi pyramidalis positi in quadrato X, partes objecti pictae in triangulis A, B, C, D a se separatae, in continuam imaginem cohaerere videntur.

595. Idem esto judicium de speculis *conicis*, nisi quod quum eorum altitudo referat speculum planum, ejus vero latitudo tot specula convexa exhibeat, quot circuli ab imo ad summum coni possunt concipi, qui magis magisque minuuntur usque ad hujus verticem; patet, imagines in his non modo difformes reddi, sed minui, et magis acuminatas evadere debere.

596. Speculum denique *prismaticum* (Fig. 44.) non minus stupenda exhibet phaenomena. Si namque objecti alicujus partes discissae inter SARB, MBLC, NCOD, QEPD habeantur; intervalla vero, quibus iuter se separantur, aliis sint repleta figuris, quae harum partium relationes confuudunt; partes illae ab oculo posito in F videntur objecti imaginem integram constituere. Reliqua, si cupis, vide in Wolfii Catoptrica, Cap. 5.°, loco citato.

CAPUT TERTIUM

DE DIOPTRICA, SEU DE LUCIS REFRACTIONE.

597. Corpora quaelibet ubi e medio rariori in aliud densius pertranseunt, quamdam *refractionem* subire, vi cujus a perpendiculari ad immersionis punctum removentur, jam vidimus supra (290). Idem omnino, sed lege prorsus huic opposita, in radiis lucis evenire, ibidem innuimus (291). Tempus est igitur, ut radiorum lucis iter per *media* diversae densitatis sequamur, eorumque mirabilia phaenomena contemplemur.

598. Radius lucis solaris CE (Fig. 45.) in obscuro conclavi excipiatur in vase aqua repleto, vel etiam in solido vitro A*ab*B, cujus facies oppositae AB, *ab* sint parallelae. Si ejus directio fuerit

ad aquae, vel vitri superficiem perpendicularis, *recta semper linea feretur, nullamque patietur deviationem.* Sin autem directione *obliqua* feratur, ut CE, aquam, vel vitrum permeabit non via in directum continuata per EF, sed in ipso introitu a recto itinere deviabit, et quasi *frangetur*, ad perpendicularem HI accedendo, uti ED. Haec est lucis *refractio*, quae semper locum habet, quotiescumque radius lucis *e medio rariori*, quale est aer, *in aliud densius*, quale est aqua, et vitrum, transeat. Quocirca statui generaliter potest, *lucis radios, ubi e medio rariori in densius feruntur, refractionem pati, ad perpendicularem accedendo.* Quod si viceversa *e medio densiori in aliud rarius*, ex. gr. ex aqua vel vitro in aerem traducantur, *tunc etiam deviant, declinando a perpendiculari* IH, et per rectam DC′ priori directioni CE parallelam pergent. Porro radius CE appellatur *radius incidens*; ED *radius refractus*, A*b superficies refringens*, punctum E *punctum incidentiae* vel *refractionis*: tum si erigatur ex puncto incidentiae E ad superficiem refringentem AB perpendicularis EI inferius producta in H, EI vocatur *axis incidentiae*, EH vero *axis refractionis*: *angulus incidentiae* erit CEI, et *angulus refractionis* DEH. Ubi radius refractus ED ad axem refractionis EH magis accedit, quam incidens productus EF, haec refractio dicitur facta *ad perpendicularem*; si contrarium accidat, *a perpendiculari*; alio vocabulo *ad axem*, et *ab axe*. Haec omnia eodem modo se habebunt, ubi medii superficies fuerit curva, dummodo ad incidentiae punctum ducatur recta tangens, quae deinde loco ipsius AB haberi potest.

599. Refractionis leges nuper statutae (598), quas cl. Newtonus axiomatum loco habere non dubitat, experimentis ad oculum probantur. Et re quidem vera, si tota superficies vasis vacui AB*ba* (Fig. ead.) velamine opaco obtegatur, relicto tantum foraminulo in E; deinde Soli ita exponatur, ut lucis radius CE per foramen E oblique ingrediatur, hujus radii semita nullam patietur deviationem, sed recta via in F terminabitur. Si autem idem vas in eodem situ positum aqua repleatur, tunc radius CE non perget in F ut antea, sed in punctum D, quod perpendiculari HI erit propius, quam F. *Radius itaque lucis* CE *e medio rariori*, scilicet aere, *in densius oblique incidens*, nempe in aquam, *refringitur, ad perpendicularem accedendo.* Sit modo aliud vas A*ab*B (Fig. 46.) apertum, et aere dumtaxat plenum; in ejus fundo ponatur nummus; deinde spectator retrocedat donec nummum conspicere desierit, ibique maneat: locus ille sit D. Si postea vas aqua repleatur, nummus antea invisibilis statim ex D videbitur; non alia ex caussa, nisi ex eo quod radius a nummo emissus in aerem non describit lineam CF, sed lineam CD, a perpendiculari HI recedendo: quocirca spectator in D positus, nummum conspiciet in puncto L per lineam DL: ea quippe est visio-

nis lex, ut objecta semper ad radii recti extremitatem, qui visus organum afficit, referamus (552). *Radii igitur lucis e perpendiculari recedunt, ubi e medio densiori*, v. g. aqua, *in aliud rarius*, scilicet aerem, *commeant.*

600. Posita itaque hac lege, quod nimirum lucis radius per diversae densitatis media transeundo semper refringatur, quaeri solet quaenam sit anguli refractionis quantitas, sive num angulus refractionis servet ad angulum incidentiae rationem constantem? Huic quaestioni breviter respondemus: pluribus observationibus, experimentis, et ratiociniis Physicos detexisse rationem, quam in mediis magis obviis angulus incidentiae habet ad angulum refractionis. Servant nempe inter se *eamdem rationem, quam habent inter se eorum sinus.* Nimirum si constet ratio, quae intercedit inter sinus GF', et MK', posita certa quadam inclinatione radii incidentis GH (Fig. 47.), idem omnino obtinebit in alia quavis inclinatione ejusdem radii ad medium refringens. Hinc si augeatur, aut imminuatur inclinationis angulus; refractus quoque angulus eidem respondens eadem proportione augebitur, aut minuetur: quare si duo inclinationis anguli aequales fuerint, refracti quoque anguli in eodem medio erunt aequales. Qualis autem sit ratio inter eos sinus in unoquoque medio refringente, nonnisi ab experientia definiri potuit. Hinc experimenta docent, *sinum incidentiae* esse ad *sinum refractionis* ut 4: 3, si lux ex aere in aquam transeat; si ex aere in vitrum commune, ut 3 : 2; si ex aere in crystallum *flint glass*, ut 8 : 5; si ex aqua in vitrum, ut 9 : 8 etc. Haec eadem ratio, sed inverse, locum habet, si radius e medio densiori in rarius transeat: nempe sinus anguli incidentiae est ad sinum anguli refractionis ut 3: 4 ex aqua in aerem, ut 2 : 3 ex vitro in aerem, etc. Haec appellari solet *ratio refractionis*; tabulae vero, quae harum rationum seriem pro variis mediis refringentibus continent, *Refractionis indices* vocantur.

601. Quemadmodum supra (563) vidimus non dari lucis reflexionem absque quadam radiorum refractione; ita ex hac sinuum lege nuper statuta prono alveo fluit, non dari refractionem absque quadam reflexione; quin imo, *quo magis incidentiae angulus augetur, quantitatem lucis refractae minui*, donec tandem *quin lucis radius refringatur*, totus *prope medii magis refringentis superficiem* reflectatur. Recta AB (Fig. 48) exhibeat superficiem, qua duo media diversae densitatis, vitrum ex. gr. et aer, quorum illud est hoc densius, separantur. EC sit lucis radius, qui ex medio magis refringente in medium minus refringens pertransit: evidens est, hunc in suo egressu a perpendiculari ICK recedere (599), et per CD deflecti. Augeatur nunc radii incidentis obliquitas, sitque E'C radius incidens; augebitur etiam et radii refracti obliquitas, ita ut hic a CD' desi-

gnabitur: si incidentiae angulus ulterius augeatur, ita ut radius incidens sit E''C, radius refractus in ipsa superficie duo media dirimente movebitur, unicamque cum ejus sectione CA rectam constituet. Si ulterius incidentis radii E'''C obliquitas augeatur, hunc radium in minus refringens medium penetrare non posse clare patet, sed reflecti debere per CD' sub reflexionis angulo ACD' angulo incidentiae E'''CB aequali. Inclinatio, ultra quam lucis radius e medio magis refringeute in medium minus refringens transire nequit, *refractionis limes* vocatur. Manifestum est igitur, *dari in quolibet medio refringente limitem quemdam, ultra quem lux non amplius refringitur, sed tota reflectitur.* Hic angulus limes pro singulis mediis est diversus, sequiturque *rationem reciprocam indicis refractionis* duorum mediorum. Quare quum refractionis index aerem inter et vitrum sit $= \frac{3}{2}$; angulus limes pro lucis radio, qui ex vitro in aerem penetrare debet, erit $= \frac{2}{3}$, cujus sinus est $= 41°, 49'$; id quod significat, lucis radium ut ex vitro in aerem pertranseat, refringi debere *sub angulo incidentiae gradibus* 41°, 49' *minori*; quod si hic incidentiae angulus major fuerit, lucis radius quin in aerem pertranseat, totus reflectitur. Ita pariter quum index refractionis inter aerem et aquam sit $= \frac{4}{3}$, lucis radius ex aqua in aerem transire nequit, nisi sub angulo incidentiae 48°, 35' minori; angulus enim limes inter haec duo media est $= \frac{3}{4}$, nempe 48°, 35'. Vice versa, lucis radius e medio minus refringente in aliud magis refringens tum demum pertransire potest, quum *refractionis angulus* angulum limitem non excedat; ex aere scilicet in aquam ingredi nequit lucis radius sub refractionis angulo 48°, 35' majori: si vel minimum hic angulus augeatur, radius incidens D'C reflectetur per CL. Hujus *reflexionis totalis* lex facillime experiri potest eo modo, quo a D.no Pouillet exhibetur (1).

602. Methodus autem, qua haec Sinuum Lex experiundo detegi potuit, est sequens. Paretur cubus ex vitro bene polito ABCD (Fig. 47.), et inseratur duobus asserculis ad angulum rectum junctis EC, CF, quorum latitudo, et altitudo excedant cubi latus. Rebus ita constitutis, obvertatur instrumentum hoc Soli S in quavis hujus altitudine supra horizontem, ita ut radius solaris incidat in

(1) Vide Pouillet Phys. Lib. VI. P. 1. C. 2. n. 378.

directionem GH: radius hic refringetur per HK in vitrum, sed extra illud ad cubi latera perget per HF juxta suam priorem directionem. Umbra igitur, quam asser CE projicit, in vitro ad punctum K terminabitur; extra illud vero in F. Si harum umbrarum extremitates notentur, duorum angulorum quantitas poterit inveniri. Ducta enim per H linea perpendiculari HN, in triangulo rectangulo HNF dantur HN, et NF, nempe altitudo cubi, et umbrae longitudo; dabitur itaque per Trigonometriam angulus NHF=GHF' angulo incidentiae: deinde in triangulo rectangulo HNK, dantur HN, NK, ac per consequens etiam angulus NHK: unde horum angulorum, sive incidentiae, et refractionis ratio innotescet. Invenietur in casu, de quo agitur, sinum incidentiae, nempe GF', esse ad sinum refractionis $MK' = 3: 2$. Si loco cubi vitrei adhibeatur vas aqua repletum, invenietur ratio refractionis inter has duas substantias ut 4: 3. Idem de aliis substantiis dicendum.

603. Hinc discimus cuilibet radio incidenti refractum sibi respondentem geometrice assignare. Sit namque (Fig. 48.) AB superficies vitri, cui superne incumbat aer, ex quo lucis radius DC in vitrum penetret. Si quaeras quinam esse debeat radius refractus illi respondens, facili negotio hunc reperies describendo ex puncto incidentiae C circulum ADE radio quocumque, atque ex D lineam DF ipsi AB parallelam ducendo: si namque DI in tres partes aequales dividas, ac deinde ex I in H duas earumdem partium capias, ibique excites perpendicularem HE, ad cujus punctum E ducas radium CE, hic erit *radius refractus*. Demissa namque perpendiculari EK, sinus anguli incidentiae est ad sinum anguli refractionis ut $DI: EK = DI: IH = 3: 2$ per constructionem.

604. *Refractionis legem* superius expositam (600) esse *constantem* ubi medium ex quo lux transit, et medium in quod transit non mutentur (adeo ut si lux ex aere ex. gr. in vitrum incidat, semper prior sinus sit ad alterum ut 3: 2, sub quacumque obliquitate incidat), primus omnium circa saeculi XVII initium detexit Willebrordus Snellius Batavus; quam quum deinde Cartesius suis observationibus confirmasset et evulgasset, factum est ut *Cartesii Lex* vulgo appellaretur. Refringendi tamen potentia in diversis corporibus varia est, ut ex sola inspectione indicis superius allati erui potest. Veteribus, ac ipso Newtono (1) persuasum fuit, refringendi potentiam in variis corporibus *densitatis rationem sequi*; sed Physicis hodie compertum est, hanc potentiam *plurimum* etiam a corporum *chemica compositione pendere*: videmus namque spiritum vini, oleum, et alias ejusmodi substantias, etsi minus densas aqua, majori tamen refringendi potentia gaudere; ita ut generatim statui

(1) Optic. Luc. L. II. p. 3.

possit, *omnia corpora combustibilia majori refringendi potentia donari*. Quae conclusio confirmata fuit observationibus DD. Biot, et Arago, qui invenerunt 1.° ex omnibus fluidis aeriformibus oxygenium *minima* refringendi potentia gaudere, hydrogenium vero *maxima*; 2.° prae omnibus etiam corporibus vel fluidis, vel liquidis, vel solidis, hydrogenium maxima refringendi potentia gaudere: hinc olea, pices, sulphura, spiritus, aliaque ejusmodi corpora combustibilia hydrogenio suam majorem refringendi vim debere. Non immerito itaque Newtonus, quum majorem refringendi potentiam in oleis, spiritibus, adamante, et aqua observasset, praesenserat in ejusmodi corporibus principium aliquod combustibile contineri debere: id enim hodie lippis, et tonsoribus notum est.

605. Posito autem, quod refringendi potentia in corporibus augeatur non tam ex ipsorum majori densitate, quam ex chemica ipsorum compositione et affinitate, ratio probabilis reddi posse videtur, cur refractionis lex in luce rationem prorsus ei oppositam sequatur, quam servant reliqua corpora, ubi refringuntur (290); cur nempe radius in densiori medio refractus ad perpendicularem potius accedere debeat, quam ab ea recedere. Quum enim particulae medii *densioris* (1) vim habeant lucis attrahendae potentiorem; necessario fieri debet, ut radii lucis in medium densius oblique incidentes versus illud magis inflectantur, sicque suam mutent directionem ad perpendicularem accedendo. Ob eamdem rationem, ubi e medio *densiori* in aliud *rarius* transeunt, ex. gr. ex aqua aut vitro in aerem, refringi debent, a perpendiculari recedendo: nam ubi primum ex aqua exeunt, ab ea vehementius, quam ab aere, attrahuntur: quare versus aquam detorqueri debent, et suam proinde directionem mutare, a perpendiculari deflectendo.

606. His in antecessum statutis, quoniam radii lucis in media incidere possunt, quorum superficies oppositae vel sint planae, et inter se parallelae, vel ad invicem inclinentur, vel aliquam sphaerae portionem exhibeant; praestat de refractionis effectibus in omnibus his casibus loqui. Media, quibus expendendis Physici suum studium impendunt, sunt *vitra*, quae omnibus his modis construi possunt. Hic itaque duobus in articulis loquemur de refractione per vitra, quorum facies oppositae sint parallelae, et de refractione per vitra, quae sphaerae portionem exhibent (nam de ea, quae fit per vitra, quorum superficies ad invicem inclinantur, seu per prismata, inferius loquemur): deinde quaedam phaenomena, quae ex refractionis legibus pendent, explicabimus.

(1) Hoc nomine intellige etiam corpora rariora, quae majori refringendi potentia donantur.

ARTICULUS PRIMUS

DE REFRACTIONE PER VITRA, QUORUM FACIES OPPOSITAE SUNT INTER SE PARALLELAE.

607. Sit ABCD (Fig. 49.) vitrum planum, EF radius lucis in ipsius superiorem faciem incidens. Excitetur in puncto incidentiae F perpendicularis GH: radius refringetur per directionem FI. In emersionis puncto I excitetur et alia perpendicularis Ig; haec erit perpendiculari HG parallela; radius iterum refringetur in eodem puncto, a perpendiculari recedendo, et per directionem IM perget (598). Evidens est, radios IM, EF esse inter se parallelos; si enim anguli FIK, HFI in vitro sunt aequales, anguli etiam EFG, et *g*IM in aere aequales esse debent. Hinc patet, in hujusmodi vitris radios post refractionem emergentes radiis incidentibus esse parallelos; refractionemque, quam patiuntur dum a vitro in aerem redeunt, corrigere mutationem, quam experti fuerant ex aere in vitrum transeundo: quare objecta trans haec vitra conspecta ejusdem semper magnitudinis apparere debent.

608. Imagines tamen objectorum, quae per lucem refractam videntur, non apparent eo ipso loco, in quo objectum reapse existit. Refractio enim quum radii directionem mutet; oculus autem secundum hanc ipsam directionem videat objecti imaginem; patet, oculum in E referre punctum I ad *e* (Fig. 49.), scilicet ad locum ubi non est; id quod magis evenit ubi vitrum non fuerit planum, vel cujus superficies non sint parallelae, ut ex dicendis postea compertum erit.

ARTICULUS SECUNDUS

DE REFRACTIONE PER VITRA, QUORUM FACIES ALIQUAM SPHAERAE PORTIONEM EXHIBENT.

609. Quum omnia optices instrumenta e vitris sint conflata, quae aliquam sphaerae portionem exhibent, ut eorum effectus accurate intelligi possint, interest omnes simplicium vitrorum proprietates ad trutinam revocare. Quamvis autem vitra sphaerica variis modis conformari possint; si tamen eorum proprietates essentiales spectentur, ad duas tantum species referri possunt, nempe ad *vitra convexa*, seu *convergentiae*, et ad vitra *concava*, seu *divergentiae*, prout radii per ea ingressi, et a via sua per refractionem digredientes, aut *convergunt*, aut *divergunt*. Quaelibet autem harum specierum sequentem patitur divisionem. Vitra *convexa* esse possunt 1.° *Con-*

vexo-convexa, seu *utrinque convexa*, quorum nempe utraque superficies est convexa, ut in Fig. 50. 1., quae quia *lentis* similitudinem exhibent, in causa sunt, cur hujus generis vitra, aliaque omnia parva vitra sphaerica *lentes* appellentur. 2.° *Plano-convexa*, ut est lens n.i 2i, cujus una superficies est plana, altera convexa: 3.° *Concavo-convexa* ut in lente n.i 3i, cujus una superficies concava est, altera convexa: dici haec solet etiam *meniscus* (1), et *lunula*, quia ejus sectio lunulam crescentem repraesentat. Vitra autem concava pari modo dispescuntur in lentes *concavo-concavas*, seu utrinque *concavas*, n. 4 : in *plano-concavas*, seu cujus altera superficies plana est, altera concava, ut in n. 5: et in *convexo-concavas*, ut in n. 6, quae etiam *menisci* nomine appellantur, et crassiores sunt in extremitatibus, quam in centro (2).

610. De omnibus his lentibus generatim haec sunt notanda 1.° Forma sphaerica donantur , tum quia hac forma tantum vitra probe laevigari possunt; tum etiam quia quacumque alia forma donarentur , eorum effectus, ut Opticis demonstratum est, effectibus lentium sphaericarum semper inferiores essent: 2.° *radius lentis* est radius illius sphaerae , cujus segmentum est lens ipsa ; quare si utriusque concavitatis, vel convexitatis radius idem deprehendatur, tunc lens dicitur esse *aequaliter convexa*, vel *concava ;* si radius non inveniatur utrinque idem , lens erit *inaequaliter convexa* vel *concava*: 3.° ut objecta distincte per eas videri possint , non debent exhibere ingentem sphaerae portionem; sed arcus segmenti dimidium radii non excedat: 4.° in puncto medio harum lentium adest quoddam punctum C, in quo facies oppositae sunt parallelae: hoc punctum appellari solet *centrum opticum* lentis. Linea DE per hoc punctum duabus faciebus perpendiculariter ducta est *axis lentis*, in quo inveniri solet *centrum geometricum* utriusque faciei, nempe centrum illius sphaerae , cujus utraque facies est segmentum : 5.° *superficies anterior* lentis ea est , quae objectum respicit, *posterior* vero, quae oculum: 6.° experientia compertum est, vitra utrinque convexa , vel utrinque concava, praecipue ubi eorum curvaturae sunt symmetricae, effectus intensiores giguere: 7.° denique vitrum ad viridem colorem inclinans omnibus opticis vitris est anteponendum : crystallus vero incolor, et maxime flint-glass anglus, in quibusdam tantum peculiaribus instrumentis adhiberi solent. Loquemur itaque 1.° de vitris convexis, 2.° de concavis.

(1) A μηνη , Luna.

(2) Praeter hasce lentes, in experimentis adhibentur etiam sphaerae vitreae aqua repletae, aut etiam lentes aquam in se continentes; nec non coni vitrei , qui cuspide in Solem directa , in opposito pariete albo iridem pingunt.

§. 1. *De lentibus convexis.*

611. Radii lucis in lentem aliquam convexam incidere possunt vel *paralleli*, vel *divergentes*, vel *convergentes*. Eorum iter post refractionem sequamur in lente plano-convexa AB (Fig. 51.): ex hac enim ad alias facilis est transitus. Harum lentium, sicut et omnium aliarum curvatura tanquam a minimis lineis rectis numero infinitis conflata considerari potest; earumque superficies pariter a superficiebus planis infinite parvis ad invicem parum inclinatis, et symmetrice circa axem CD dispositis. Ex hac sola consideratione sequitur, radios lucis ab aere in vitrum incidentes, e medio nempe rariori in medium densius, ad perpendiculares in immersionis puncto ductas appropinquari debere, quae in nostro casu sunt rectae LTK, LSM, quae a *centro geometrico* lentis in ejus curvaturam ducuntur, ac proinde sunt radii curvaturae. Radii itaque *paralleli* GS, FT in lentem hanc AB incidentes, quin directe per TP, SQ procedant, refringuntur, et ad normales LSM, LTK accedentes, per TD, SD pergunt. Si radii incidant *divergentes*, ut CS, CT, vel magis divergentes, ut OS, OT, post refractionem semper minus *divergent:* nam quum in utrisque casibus semper ad perpendiculares LTK, LSM accedere debeant, exibunt in priori casu *paralleli*, ut TP, SQ; in posteriori vero minus divergentes, ut TN, SR. Si denique *convergentes* cadant, ut ET, HS, eamdem ob rationem *magis convergent*, et cum axe CD in punctum L concurrent.

612. Idem omnino obtinebit in lentibus *utrinque convexis*: nisi quod hic radii, quum ob duplicem lentis curvaturam tam in immersione, quam in emersione refringi debeant, *majorem convergentiam* gignent. Incidant namque in lentem *convexo-convexam* AB radii CE, DF paralleli (Fig. 52.). Sane radius CE in ingressu accedit ad perpendicularem cE, ideoque refringitur per Ec'; in egressu autem recedit a perpendiculari c'c'', proindeque per c'o refringitur. Idem dicendum de altero radio parallelo DF, qui propterea pergit in d', ac demum in *o*: in quod punctum cum radio c'o concurrit. Idem dicendum si radii fuerint vel *divergentes*, vel *convergentes*. Patet itaque, lentium convexarum proprietatem eam esse, ut per eas radii post refractionem vel *reapse convergant*, vel saltem *minus divergant*, ac proinde convergentiam semper affectent; hinc non immerito *lentes convergentiae* vocantur. Punctum *o*, vel quodlibet aliud, in quo radii convergentes in unum conjunguntur, *Focus realis* lentis dicitur: quod si radii incidentes fuerint paralleli, appellatur etiam *focus principalis*, vel *solaris*, ut ab aliis focis distinguatur, qui pro varia radiorum incidentium directione in diversis a lente distantiis esse possunt, ut L, D (Fig. 51.). His tamen len-

tibus etiam focus *virtualis*, aut *imaginarius* inesse potest: id quod tunc locum habet, quando ex objecto in C, vel in O sito radii lucis vel paralleli, vel divergentes a lente emittuntur; tunc enim quovis modo producti, in unum punctum coire unquam nequeunt.

613. Quum itaque in focum realem concurrant reipsa radii a corpore luminoso emissi (612.); patet, ibidem etiam ejusdem imaginem pingi oportere. Hic focus geometrice invenitur ea methodo, quam si noscere cupis, legere poteris in Pouillet (1). Nobis tamen sufficiat indicasse, focum principalem, seu solarem *in lentibus plano-convexis distare ab earum vertice pro integro diametro illius sphaerae, cujus illae sunt segmentum: in lentibus* vero *utrinque aeque convexis distare pro semidiametro ejusdem sphaerae*, nempe ejus distantiam esse dimidiam distantiae foci, quem haberet aequalis lens plano-convexa. Quod si earum *convexitates inaequales* fuerint; scilicet si radius convexitatis unius superficiei fuerit pollicum 8, et radius alterius convexitatis fuerit pollicum 6; tunc *hi radii in se invicem duci deberent, productum vero* 48 *dividi oporteret per medietatem summae utriusque radii*, scilicet per 7; tunc *quotus* $6\frac{6}{7}$ *exhiberet distantiam foci lentis propositae ab ejus vertice*. Hic autem notare juvabit, *lentes habere focum principalem ad minorem distantiam prout sunt convexiores;* tunc enim sunt minoris sphaerae segmenta: cuique autem obvium est, minoris sphaerae diametros, seu semidiametros, quae referunt foci distantiam, esse breviores diametris seu semidiametris ad majorem sphaeram pertinentibus. Ut autem cujusvis lentis focum principalem experiundo invenire possis, lentem ipsam radio solari obvertas, quem charta alba post refractionem excipere possis. Si chartam lenti, vel lentem chartae tamdiu admoveas, vel ab ea removeas, donec in hac minimus lucidus circellus depingatur, haec distantia erit quaesiti foci longitudo. Idem facilius obtineri potest, etiam absente Sole, lentem parieti alicujus camerae admovendo, vel ab illo removendo, donec ibi distincte repraesentetur vel fenestra, vel quodvis aliud objectum e regione positum.

614. In aliquibus opticis instrumentis lentium extremitates annulo circulari opaco, cui nomen *diaphragma*, cooperiuntur: ita enim radii tantum prope axem incidentes sub aequalibus angulis refringuntur, ac in unum idemque axis punctum coeuntes, imaginem objectorum accuratissimam exhibent: radii vero ab axe remotiores, quum sub variis obliquitatibus incidant, diversos capiunt cum ejusdem lentis superficie angulos; et post refractionem, quin in idem punctum coeant, in diversa puncta concurrunt, ut f, f, f,

(1) Elem. de Phys. Lib. VI. P. I. Cap. II. n. 587.

(Fig. 53.): eorumque complexus circa axem quamdam superficiem curvam constituit, quarum rami *causticae per refractionem*, seu *diacausticae* vocantur. Quo ampliores sunt lentes, et 20, vel 24 graduum aperturam excedunt, eo magis hanc *sphaericitatis aberrationem* patiuntur: hinc est ut radii incidentes ab axe aliquantum remoti ad focum constituendum plane sint inutiles et superflui; quia hunc nempe nimis dilatant, atque extendunt, quam ut officio suo fungi possit; hinc etiam oritur, ut focus semper *circellum* luminosum (613.), non autem unicum punctum sive geometricum, sive physicum exhibeat.

615. Radii solares in harum lentium foco collecti, *vim causticam*, seu corpora combustibilia ipsis in justa distantia admota comburendi vim acquirunt; unde lentes ipsae respectu hujus effectus *lentes causticae*, vel *ustoriae* solent appellari (1); et ob hanc eamdem caussam locus, in quo haec combustio fit, *Focus* talis lentis dicitur. Harum lentium efficacia aestimatur eadem ratione, qua in speculis concavis dignoscitur (583.). Comparando itaque diametrum foci cum *chorda convexitatis*, quam habet lens, quae chorda *diameter lentis* vocari solet; ratio, quae inter quadratum hujus diametri, et quadratum diametri foci intercedit, ejusdem lentis *vim causticam* exhibebit. Quum autem calor ignis ex ligno maximum Solis calorem naturalem vicibus 35 excedat; ut densatio, et efficacitas radiorum solarium in foco lentis ustoriae (qui focus nihil aliud est, nisi parva quaedam Solis imago) densationem, et efficacitatem ignis exaequent, lentis superficies totidem vicibus foci superficiem excedere debet. Patet igitur, lentes eo majori vi caustica donari, quo amplior fuerit earum superficies, hoc est quo majorem habeant *chordam* suae convexitatis, et quo minor sit diameter foci, in quem radii colliguntur. Sic ex. gr., posito quod lens aliqua habeat chordam convexitatis 4 pedum; diameter vero foci deprehendatur esse duarum partium, quarum 100 faciunt pedem; erit intensitas caloris solaris ordinarii ad intensitatem ipsius in hoc foco, ut $2^2 : 400^2 = 4 : 160000 = 1 : 40000$; id est erit in foco 40000 vicibus plus ignis, quam in aere a Sole libero calefacto. Hinc *Tschirnausius*, primus lentium causticarum ampliorum fabricator (2), ut focum ma-

(1) Hanc vim comburendi adscribendam esse radiorum congregationi ub lentium convexitatem, manifestum est ex eo quod ejusmodi lentes causticae ex glacie quoque pellucida confectae, eumdem edunt effectum, scilicet ignem excitant, dummodo forma lenticularis accurata ipsis concilietur: parari autem solent istiusmodi lentes, si frustum glaciei cavitati scutellae immittatur, ut carbonum calore ad liquefactionem dispositum figuram hujus induat. Sphaerae vitreae aqua repletae idem efficiunt; id quod stuporem excitat Dioptrices Legum ignaris, qui attoniti ignem aquae auxilio excitari contuentur.

(2) Veteribus etiam vitra caustica cognita fuisse videtur innuere *Aristophanis* locus in Comoedia, cui titulus *Nubes act. II. sc.* 1. Plinius quoque (*Hist. Nat.* L. 36.) loquitur de sphaeris vitreis, quibus soli expositis, cutem aegrotorum medi-

gis contraheret, lenti suae principali parallelam addidit aliam minorem (quam *collectivam* vocavit), qua omnes radii per principalem jam transgressi denuo exciperentur: ita enim focus, qui antea diametrum 9 linearum habebat, ad circellum redactus fuit, cujus diameter 4 tantum lineas aequabat.

616. Harum lentium causticarum, uti etiam speculorum, effectus sunt vere mirabiles: nam objecta ipsarum violentiae permissa aut liquescunt, aut in vitrum mutantur, aut in calcem abeunt, aut in auras per modum fumi disperguntur. Intra brevis minuti spatium metalla in hoc foco fusa cadunt; si vero porcellanae imponantur, vitrificantur. Lapides praetiosi genuini orientales, non funduntur quidem, sed colorem, nitorem, et polituram perdunt. In foco vitri caustici Magni Ducis Hetruriae tamen, adamas, qui ab igne communi nullum detrimentum capit, sed potius melior evadit, in auras dissipatus fuit (1). Caementum, ex quo aedificantur fornaces ad fundendum ferrum, vitrificatur intra 52′; ita ut potentia hujus ignis praestet in brevi temporis spatio, quod spatio annorum ignis ordinarius intensissimus vix efficere valet. Aqua denique extemplo effervescit, ut ova injecta fiant edulia, pisces, et gallinae coquantur; pix, resina, sulphur, sub aqua posita, liquefiunt. Lentes causticae speculis causticis praeferuntur tum quia horum politura debet esse accuratissima, quae difficillime consequi potest; tum quia ejusmodi lens obstat ne dissipentur radii lucis, ut evenit in speculis concavis, et radios plurimos versus oculos nostros dirigit, qui radii speculorum ope ad eos non pervenissent; tum quia incommodam haec habent directionem; tum denique quia lentes adhiberi etiam possunt in examinandis corporibus sub aqua demersis; id quod speculis, quae suum focum sursum in aerem projiciunt, obtineri nequit.

617. Quoniam radii paralleli in lentem convexam incidentes, in focum convergunt (612.); evidens est, radios ex hoc foco egredientes, et lentem penetrantes, viam pristinam sequi, et post hunc introitum parallelos iterum exire. Hinc si in foco lentis convexae

ci comburunt. Lactantius (*Lib.* de Ira Dei. *cap.* 10.) sphaeras vitreas aqua repletas, Solique expositas meminit, quibus ignis in summo etiam frigore accendi queat. Primus autem, qui specula, et vitra caustica insignis magnitudinis fabricaverit, diametri scilicet, vel chordae convexitatis 3 et 4 pedum, fuit Gul. Tschirnausius anno 1691. Haec ejus lens asservatur in Pinacotheca Academiae Scientiarum Petropolitanae; eaque duabus lentibus *principali*, et *collectiva* constat. Deinde Lehmannus, Hartsoekerus, aliique hujus lentis species fabricarunt. (*Vide Fontenelle Eloges de Tschirnh.* et *Hartsoeker*). *Laurentius Silva Venetus* denique magnas lentes convexo-concavas ad invicem versis concavitatibus impositas, et aqua repletas adhibuit (v. Lor. Selva, *Dialoghi Ottico-teorico-pratici*, Venezia 1787, p. 150). In hunc modum etiam efformata fuit celebratissima Lens Dni Trudaine, quae Parisiis asservatur.

(1) Vide Giorn. d'Italia, T. 8, pag. 232.

collocetur punctum luminosum, candela accensa, ex. gr.; hujus radii post refractionem evadunt paralleli, et per insignem distantiam possunt propagari. Hoc artificio quaedam construuntur lucernae, quae noctu lucem lampadum accensarum ad notabile intervallum projiciunt (1).

618. Cognita ratione, qua radii lucis hasce lentes praetergrediuntur, de variis quoque objectorum imaginibus trans easdem visis, judicium ferre possumus. Tres casus dari possunt; aut enim objecta *intra* lentis *focum et ipsam lentem* sunt posita, aut *in* lentis *foco ipso*, aut *extra* lentis *focum*. Ubi objectum intra lentis focum, et lentem ipsam positum fuerit, ut ED (Fig. 54.), oculus in O constitutus, objecti imaginem videbit ipso objecto *majorem*, *erectam*, ac ipso objecto *remotiorem*. Ex multis enim radiis luminosis in lentem a puncto D incidentibus, radius DC, utpote centro optico C perpendicularis, perget irrefractus per CG; radius vero DA axi OF parallelus, refringetur, et in posteriorem focum O cum eodem axe coibit. Pari ratione ex omnibus radiis a puncto E emissis, EC irrefractus per centrum opticum, cui est perpendicularis, pertransibit, et EB refringetur per BO. Idem de punctis intermediis totius objecti dicendum. Porro omnes hi radii divergentes, quum ob refractionem minus divergentes evadant (612.); nequeunt in punctum aliquod coire, atque ibi objecti imaginem pingere; adeoque quum divergentes in oculum ingrediantur, hic eos videt tamquam productos in *d*, et *e*, ubi concurrunt; perinde omnino ac si iidem radii ex *d*, et *e* ejaculati fuissent: id quod quum verum sit de omnibus punctis intermediis inter D, et E, patet, objecti imaginem apparere in *de*, erectam, ac ipso objecto *majorem*; *imaginariam* tamen, non *realem*. Quumque radii per lentem transeuntes minus divergentes evadant, remotius a lente conjungi debent, adeoque objecti imago apparebit *remotior*, quam sit idem objectum; nec non *erecta*, quum nulla radiorum intersectio locum habeat.

619. Ubi vero objectum in lentis foco sit constitutum; quum radii e foco egredientes emittantur paralleli (617), numquam inter se coire possunt, ac objecti imaginem exterius distincte repraesentare, ut videri potest candelam accensam in foco constituendo, quae nonnisi indefinitum lucis tractum exhibebit. Si vero oculus eidem lenti proxime admoveatur, tunc videbitur objectum *distin-*

(1) Haec est ratio cur artifices, quibus vivido lumine opus est, uti caelatores, sculptores, auri fabri etc., qui in subtilissimis operibus conficiendis plurimam operam insumunt, lampade uti solent, cujus lumen lagenam trajicit rotundam, tenui vitro conflatam, et aqua nitida repletam: lampadis enim flamma huic vasi proxima in convexam hujus superficiem radios emittit divergentes; qui, trajectis vitro et aqua, in aerem transeuntes, ad se invicem accedunt, et intra spatium angustius coeunt: inde vis luminis crescit.

ctum, *erectum*, et *amplificatum*: videbitur *distinctum*, quia oculus bene valens, ob suam vim refractivam, in unicum retinae punctum radios parallelos colligit, ut ex dicendis compertum erit; videbitur *erectum*, quia hujus lentis ope non decussantur radii, sed tantum ex divergentibus fiunt paralleli; videbitur denique *amplificatum*, quia quum objectum in hujus lentis foco positum propius oculo constituatur, quam si nudo oculo conspiceretur (1), objecti autem diameter nobis in ratione inversa distantiarum ab oculo appareat (553); patet, angulum opticum, sub quo objecta videntur, amplificari, adeoque et magnitudinem objecti per lentem hanc visi augeri oportere.

620. Si denique objectum luminosum DE (Fig. 55.) remotius a lente AB, quam focus F, fuerit situm; tunc ex radiis DC, DA a puncto D emissis, et conum luminosum constituentibus, radius DC centro optico perpendicularis recta perget in *Cd*, lentis axem secando; radius vero DA refringetur, et in *d* dirigetur. Idem omnino dicendum de radiis EC, EB, qui in punctum *e* concurrent: radii igitur a punctis D, et E emissi, post refractionem se se intersecantes, vergent in partes contrarias; ac proinde objecti imaginem *inversam*, ac *realem* in *de* exhibebunt. Haec imago conspici potest aut objecto *aequalis*, aut ipso *major*, vel *minor*. Erit objecto *aequalis*, ubi objectum in ea distantia a lente constituatur, quae sit dupla distantiae focalis, seu dupla radii curvaturae; erit *major*, ubi objectum proximius foco admoveatur; erit denique *minor*, ubi objectum magis quam dupla distantia focalis a foco dimoveatur. Generatim statui potest, *imaginis distantiam a lente esse semper distantiae objecti reciprocam;* scilicet quo magis objectum DE lenti AB admovetur, eo magis imago *ed* ab ea removetur, et viceversa; ob similitudinem enim triangulorum DCE, *dCe*, longitudo objecti DE est ad longitudinem imaginis *ed*, ut GC, distantia objecti a lente, est ad *Cg* distantiam imaginis ab eadem lente. Nec immerito: nam quo magis objectum luminosum lenti admovetur, eo divergentiores incidunt radii; quare post refractionem quum minus convergant, eo longius producuntur ut ad invicem coire possint; quo autem longius imago pingitur, eo major objecto conspicitur: e contrario, ubi objectum a lente removetur, imago erit lenti proximior, et objecto minor.

(1) Experientia compertum est, nos objectum nudis oculis conspectum tunc clare intueri, quum in distantia circiter 8 pollicum ab oculis ponatur: lentium autem vel ampliorum, de quibus hic loquimur, et quae in usus veniunt, focus nonnisi in distantia duorum, aut trium pollicum constituitur. Ex hoc principio sequitur, has lentes, prout sunt minoris sphaerae portiones, eo magis loco microscopii simplicis adhiberi posse,

621. Diximus (617), punctum luminosum in foco lentis convexae collocatum radios parallelos ad insignem distantiam emittere. Quum autem candelae accensae flamma non sit punctum unicum, sed aliqua magnitudine praedita sit; hinc Tschirnausius ad magis contrahendum focum, suae lenti principali aliam lentem collectivam addidit (605). Hic autem illuminationis modus plurimis obnoxius est incommodis; tum quia lentes ejusmodi ad debitam distantiam inter se combinari haud facile possunt; tum quia earum apertura gradus 20 excedere nequit. Quare D.ous de Buffon ut vim causticam vitrorum augeret, omnium primus cogitavit de construendis lentibus *polizonalibus*, seu ex variis zonis, tamquam ex gradibus, compositis (*lenti a scaloni*); sed quum easdem ex uno tantum vitro efformasset, haud felices effectus expertus est. Nostris hisce temporibus vero D.s Brevvster anno 1811, et deinde Fresnel anno 1822 hasce lentes cylindricas ex variis gradibus, et ex diversis vitris compositas construxit, easque ad portus illuminandos miro successu adhibuit anno 1824: earum enim ope lumen ita vividum ac splendidum obtinetur, ut in distantia milliariorum triginta et amplius objecta distincte perspici possint, omnesque tum scopulos, tum varios littorum adjacentium anfractus accurate indicare valeat. Figura 56 exhibet hujus lentis formam: constat ex lente planoconvexa *aa*, circum quam impositi sunt plures annuli vitrei concentrici *bb*, *cc*, *dd* stricte inter se adhaerentes, quorum sectio transversalis exhibetur in *d'*, *c'*, *b'*, *a'*. Hi annuli ita construuntur, ut singuli eumdem focum *f* habeant, ac segmentum *aa*; ex quo fit, ut posito lumine in *f*, omnes coni luminosi, qui ab eodem in lentem incidunt, post refractionem paralleli ejaculentur, cylindrum luminosum constituentes. Hinc eisdem lentibus minor convexitas dari potest, quam habent lentes ordinariae; ob minorem enim vitri crassitudinem nonnisi parva lucis quantitas disperdi potest; unde effectus earumdem, ut constat ex experimentis DD. Fresnel, et Arago, est plusquam ter major eo, qui ab amplioribus speculis causticis oritur: lux enim ab eisdem emissa, sub noctis crepusculum in distantia milliariorum 30 et amplius est tam conspicua, quam in distantia milliariorum 15 est lux emissa a lampadibus ordinariis in portubus ad praelucendi ministerium destinatis. Praeterea lumen in foco ejusmodi lentium positum si ex quatuor tantum ellycniis constet, 0,7 chilogr. olei in siugulis horis insumit, lucemque adeo vividam emittit, ut splendori a 625 communibus lucernis emisso sit aequalis. Ex quo factum est, ut ab omnibus marittimis tum Europae, tum Americae Septemtrionalis regiouibus iste illuminationis modus lubenti animo exceptus fuerit; praecipue quum D. Fresnel suis lentibus quosdam regulares rotationis motus imprimendo, effecit ut lux ab eisdem emissa quum nunc vividior, nunc remissior

intra unius minuti breve intervallum appareat, ab omnibus aliis luminibus statim distingui possit. Consule Pouillet (1).

§. II. *De lentibus concavis.*

622. Ea est lentium concavarum proprietas, ut lucis radii, qui in eas incidunt, iisque trajectis, in aerem redeunt, vel *divergant* reapse, vel saltem minus *convergant*, ita ut *divergentiam* semper affectent. Sit namque lens concavo-concava ABCD (Fig. 57.), cujus concavitatis superioris centrum sit in O, et concavitatis inferioris centrum situm sit in E: evidens est, earum concavitatum radios Ox, Oy, Ex', Ey' in superficies concavas ad perpendiculum incidere. His positis, radii in ipsas vel *paralleli*, vel *divergentes*, vel *convergentes* incidere possunt. In omnibus his casibus radii semper *magis divergentes* efficiuntur. Incidant 1.° *paralleli*, ut Mx, Ny: hi ex aere in vitrum introeuntes, refringuntur, alter ad perpendicularem Ox, alter vero ad perpendicularem Oy accedendo: priori hac refractione igitur incipiunt fieri *divergentes*. Dum vero iidem radii e vitro exeuntes, in aerem oblique transeunt, rursus ita refringuntur, ut alter a perpendiculari Ex', alter vero a perpendiculari Ey', recedat; quae posterior refractio eos etiam magis divergentes efficit, ut xm, $y'n$. 2.° Incidant nunc *divergentes*, ex puncto F ultra centrum O, ut Fx, Fy: radii Fx, Fy in ingressu accedunt ad perpendiculares Ox, Oy; in egressu autem a perpendicularibus Ex', Ey' recedunt; proindeque divergunt per $x'x''$, $y'y''$. Idem omnino eveniret ubi radii divergentes a puncto f citra centrum illaberentur; post refractionem enim per $x'x''$, $y'y''$ pergerent. 3.° Incidant denique *convergentes*; hi post refractionem *minus convergent*, imo pro diversa, qua incidunt convergentia, evadere possunt vel *paralleli*, vel *divergentes*. Equidem radii Gx, Hy (Fig. 59.) in ingressu accedunt ad perpendiculares Ox, Oy, perguntque per xx', yy'; in egressu autem recedunt a perpendicularibus Ex', Ey'; inflectuntur itaque, et exeunt paralleli per $x'x''$, $y'y''$. Radii denique Lx, My accedunt ad perpendiculares Ox, Oy in ingressu; in egressu autem recedunt a perpendicularibus Ex', Ey'; ex quo fit ut divergant per $x'x'''$, $y'y'''$.

623. Patet itaque ratio, cur hae lentes *divergentiae lentes* dicantur. Intelligitur etiam, has lentes carere foco positivo solari, atque ideo etiam *vi caustica*; quum enim radii solares paralleli incidant; in lentibus vero concavis radii paralleli divergant post refractionem, non in foco positivo equidem colligi possunt. Habent itaque, ut specula convexa, focum *imaginarium*, aut *virtualem* in lentis parte opposita constitutum, ubi radii refracti, sed retroducti, productique in directum coire concipiuntur. Hic focus ita determinari

(1) Phys. n. 388. loc. cit.

solet. Lentis concavae M N (Fig. 60.) superficiem posteriorem obducas charta, vel stannea lamella *acb* duobus foraminibus *a* et *b* ab axe F*c* aeque distantibus pertusa: ejus faciem anteriorem solaribus radiis oppone: observabis, tantum abesse ut radii hoc vitrum transeuntes in unicum locum colligantur, ut potius dispergantur, et in oppositum parietem duos circellos lucidos A et B pingant, qui ab invicem removentur, quo magis lens a pariete dimovetur. Ubi igitur distantia horum circellorum in pariete dupla sit distantiae, quae inter foramina intercedit; tunc distantia lentis a pariete distantiam foci virtualis a lente exaequat (1). Experimenta pluries instituta evincunt, in lentibus plano-concavis focum esse a lentis vertice distantem *pro integro concavitatis diametro;* in lentibus vero concavo-concavis pro *unius concavitatis radio* distare.

624. Objectorum imagines trans eas lentes igitur videri debent obscuriores, quam ubi eas nudis oculis inspicimus: ejusmodi enim lentes non possunt radios a se invicem disjungere, quin minori numero illi ad oculum perveniant. Objectorum autem per interpositas easdem lentes conspectorum *imagines* nobis *minores* apparent, quam si illa nudis oculis conspiceremus; ipsis objectis *proximiores;* et *erectae.* Sit namque lens utrinque concava AB (Fig. 61.), cujus axis sit CD, et foci virtuales F, et D. Objectum HE sit in C. Radius EG axi CL parallelus, post refractionem ita diverget per GM, ut a puncto F emissus esse videatur: radius vero ELN, per centrum lentis pertransiens, irrefractus perget; hinc duo hi radii GM, LN ita inter se divergent, ut retroducti, a puncto *e* ejaculari videantur, in quod radii a puncto E emissi coire videntur. Ob eamdem rationem radii a puncto H emissi, in punctum *h* post refractionem concurrere videntur; hinc in *eh* videtur objecti imago: haec autem est lenti *vicinior*, quam objectum, quia radii divergentes quum post refractionem magis divergant (622.), retroducti, coeunt in puncta *h*, *e*, proximiora, quam sit objectum HE; est ipso objecto minor, quia est *eh*: EH=CL: *c*L, nempe quo radiorum divergentia augetur, eo angulus opticus minuitur: porro quo minor est angulus, sub quo cernitur objectum, eo magis decrescit apparens illius magnitudo. *Erecta* denique apparet imago, quia nulla adest radiorum decussatio. Ex his omnibus manifestum est, lentium concavarum effectus eosdem esse, ac illi, qui a speculis convexis obtinentur.

625. De meniscis haec duo sunt notanda 1.° Si radius convexitatis aequatur radio concavitatis, iidem habentur effectus, ac in vi-

(1) In lente enim MN (Fig. 60.) radii solares per duo foramina *a*, *b* transeuntes, circellos A, et B in oppositum parietem depingunt. Ob similitudinem triangulorum AFB, *aFb*, est AB: *ab*=FC: F*c*; hinc AB dupla rectae *ab* etiam FC rectae F*c* duplam reddit: hinc C*c*, F*c* sunt inter se aequales.

tris utrinque planis; nempe si radii incidant paralleli, post refractionem emergunt item paralleli; quantum enim radii ab aere in vitrum transeuntes ad perpendicularem accedunt, tantundem a vitro in aerem redeuntes ab eadem recedunt; suumque proinde cum axe parallelismum recuperant. 2.° Si radii concavitatis, et convexitatis sint diversi, menisci aequivalent lentibus modo concavis, modo convexis, pro diversa ratione radiorum concavitatis, aut convexitatis: quare prioris generis menisci radios parallelos reddunt divergentes, posterioris vero radios parallelos convergentes transmittunt.

ARTICULUS TERTIUS

DE QUIBUSDAM PHAENOMENIS, QUAE EX REFRACTIONIS LEGIBUS PENDENT.

626. Antequam ulterius progrediamur, operae pretium est quaedam hic explicare phaenomena, quae ex memoratis refractionis legibus pendent. Et 1.° quidem intelligitur cur *objecta intra aquam sita nobis majora appareant, quam reapse sint.* Sit namque ABCD (Fig. 62.) vitreus scyphus, cujus fundus CD spectetur ab oculo in O sub angulo COD: affundatur aqua ad altitudinem *hi*; radii C*h*, D*i* refracti in *h*, et *i*, ad oculum appellent sub angulo *hoi*, atque sub hoc angulo fundus conspicietur perinde ac si esset rectae *cd* aequalis: objecta namque nobis majora apparent pro majori angulo, sub quo conspiciuntur.

627. 2.° *Objecta sub aquam sita, vicinius apparent, ubi ex aere conspiciantur.* Concipiatur in vasis CBC′B′ fundo (Fig. 63.) objectum A, idque illuminetur a luce *be*A; ab eo radii A*i*, A*z* divergentes abeunt, qui ex aqua in aerem delati, refractique, recedendo a perpendiculari R*f*, feruntur ad *i*M, *z*R; oculus in MR positus eosdem recipit, ac si ex puncto propiori *a* venissent; quare punctum A videbitur in *a*. Idem in toto fundo obtinebit: hinc totus fundus vasis aqua pleni, ac objecta in eo sita, videntur elevata. Haec est ratio cur planum, cui cubus vitreus politus imponitur, ad dimidiam fere altitudinis partem attollitur; maris, lacus, vel fluminis fundus elatior conspicitur; et pisces, aliaque corpora sub aquis posita propiora videntur, quam revera sunt; nummi phaenomenon (599) huic etiam caussae debetur. Intelligitur etiam, cur baculus oblique in aquam immersus, *fractus* videatur, seu potius angulum obtusum capiens. Sit baculus CE (Fig. 64.): ejus pars immersa sub aqua sit SE: radii E*i*, E*z* ex hac parte immersa devenientes, ubi primum ex aqua in aerem traseunt, refringuntur per *im*, *z*R, a perpendiculari recedendo; quamobrem oculus in *m*R positus eosdem in S*e* videt, ac si a puncto *e* venissent; quare

pars SE baculi in alio situ apparebit, quam pars altera CS extra aquam posita.

628. Quemadmodum autem objecta e rariori medio spectata, et *majora*, et *propiora* oculis apparent; ita e contrario, si ex densiori medio conspiciantur objecta in rariori posita, et *remotiora*, et *minora* videri debent. Sit enim AB (Fig. 65) objectum in rariori medio positum, O oculus in densiori, PL superficies diversae densitatis media dispescens. Radius AF ab objecto incidens in hanc superficiem, refringitur per FO ad perpendicularem accedendo; radius BG refringitur per GO: objectum itaque sub angulo optico *aOb* apparebit, productis scilicet radiis refractis OG, OF in *b*, et *a*, qui quum ejusdem longitudinis, ac OB, OA esse debeant; patet, objectum remotius, nempe in *ba*, conspici debere; atqui angulus *aOb* minor est angulo AOB; oculus vero ex hujus anguli quantitate judicat de magnitudine objectorum (553) (1); ergo patet propositum. Hinc hominibus sub aqua submersis, et piscibus in hac natantibus, objecta externa minora apparent, quam revera sunt: quumque animus eam habeat consuetudinem, ut objecta sub minori angulo optico visa, remotiora judicet; objecta eadem apparebunt ipsis etiam remotiora, quam revera sunt.

629. Facile etiam explicatur cur Solem, aliaque sidera mane supra horizontem conspiciamus priusquam ad eum perveniant, vespere autem postquam infra ipsum descenderint. Quum enim atmosphaera terrestris *medium* sit illo densius, quod a Solis aliorumque syderum luce trajicitur, antequam ipsa aerem nostrum subeat; patet, lucem a Sole egressam ferri primum per vacua caelestia, donec in A (Fig. 66) attingat extimam nostram atmosphaeram, in qua refringitur ad perpendicularem AE, adeoque viam sibi capit per AB. Quumque atmosphaera in plura strata concentrica dividatur, quae densiora sunt, quo propiora sunt terrae (325); hinc radius semper ad perpendicularem magis accedet, ita ut multa ejusmodi strata transeundo, viam sequatur curvilineam ABCO, quae *curva solaris* dici solet. In hujus directione ultima CO oculus radium ad se pervenire arbitratur, et consequenter Solem, qui revera in S positus est, in producta OC, seu in F supra horizontem situm esse putat. Haec est *refractio astronomica* lucis, cujus notitia in astronomicis supputationibus plurimi facienda est. Atque haec est ratio, ob quam impune Solem intueri possumus quum ille horizonti est proximus, dum in zenith constitutus lucem vividam emittit, quae oculorum aciem obtundit. D.nus Bouguer demonstravit, ex 10000 radiis, qui a Sole, vel ab alio sidere emittuntur,

(1) Notandum tamen, majorem distantiam, in qua ejusmodi objectum videtur, illud magnitudinis decrementum vix sensibilem reddere.

sex tantum oculos nostros percellere, si ab illis prope horizontem constitutis ejaculentur; 8123 vero si in meridiano illa sint posita.

630. Intelligitur denique cur arborum folia, vel animalcula quaeque in fontium supremam superficiem innatantia, umbram projiciant ampliorem, eamque aureola luminosa circumdatam. Id evenit quotiescumque corpus innatans non ita facile madefieri patitur; ut experiri possumus sphaerulam ceream in scypho aqua repleto injiciendo, illudque radiis solaribus exponendo. Ob sphaerulae istius *a* contactum, aqua infra libellam deprimitur (312), curvaeque hinc inde convexae formam induit (Fig. 67. 1.) Radius lucis super hanc curvam incidens, refringitur per *cd* ad perpendicularem accedendo; id quod umbrae majorem *amplitudinem* gignit. Aliunde hic radius cum alio *fc* in *d* concurrit: hinc punctum luminosum in *d* efformat. Idem omnino obtinet in aliis punctis circum circa; ergo habetur aureola luminosa. Quod si corpus innatans omnino mergatur, umbra minuitur, et aureola evanescit. Contrarium evenit, ubi corpus innatans facile madefieri possit, ut frustulum suberi v. g. (n. 2.); tunc enim umbra est minor, et aureola est amplior. Corpus namque istud *a* est caussa, cur aqua supra libellam se se attollat, et curvam concavam circa illud efficiat. Lucis radius *bc* in hanc curvam incidens, refringitur, pergitque per *cd*. Radius *fg* pariter post refractionem per *gh* procedit: hinc umbra minuitur; aureola autem eadem proportione augetur. Si corpus *a* fuerit minimae molis, radii lucis in unicum punctum coibunt; omnis umbra evanescet; et aureola tantum perspicua erit. Mittimus alia.

CAPUT QUARTUM

DE LUCIS COLORIBUS.

631. Radios lucis per media diversae densitatis transeuntes, tamquam *simplices*, ac aeque refrangibiles hucusque consideravimus, nulla ratione habita de *dispersione*, cui eadem pertranseundo subjiciuntur. Experientia tamen manifeste demonstrat, quemlibet lucis radium a Sole emissum, non esse nisi aliorum radiorum fasciculum diversa refrangibilitate, ac diversis coloribus praeditorum. Iamdudum Ioannes Bapt. Porta Neapolitanus (1), et post eum

(1) Haec observatio I. B. Portae habetur in ejus Tractatu *De lucis refractione*, qui Neapoli editus fuit anno 1593. Id universim scias, fere omnia Optices inventa, quae aliis viris insignibus vulgo tribuuntur, huic magno Neapolitano Philosopho deberi. Legas velim ejus opus *De magia naturali* editum an. 1609. Hinc Genuensis

P. Franc. Grimaldi Bononiensis Soc. Jesu observaverant, radium lucis solaris prisma aliquod ingredientem, in hujus egressu aliquantulum *dilatari*. Newtono tamen haec gloria debebatur, ut lucem in suis coloribus primigeniis separaret, eamque ex partibus heterogeneis, varieque refrangibilibus consistere ad evidentiam usque demonstraret.

632. Experimentum, quo haec admiranda lucis proprietas demonstratur, ita se habet. Si lucis radius per angustum foramen (cujus nempe latitudo unam vel duas lineas non excedat) in obscurum cubiculum vel directe, vel ope speculi *ab* (Fig. 68) immissus excipiatur supra planum aliquod *mn*, vel supra parietem ipsi directe oppositum, dilatabitur, et lucidum ac albicantem circulum *ur* describet eo ampliorem, quo magis planum, vel paries a foramine distiterit; quia radii a Solis hemisphaerio emissi, per foramen penetrantes, se se sub angulo, qui aequalis est apparenti Solis diametro, intersecant (553). Idem radius a foramine digressus incidat nunc in faciem *cd* (Fig. 69.) crystallini prismatis triangularis *cde*, cujus basis *de* sit horizonti parallela; angulus vero *c* qui *angulus prismatis refringens*, seu *prismatis vertex* appellatur, sit graduum 60° In hoc casu radius *oi* a prima sua directione *oi* deflectens in ingressu prismatis refringetur per *if* ad perpendicularem *lr* accedendo. In egressu autem iterum inflectetur per *fx*, ut a perpendiculari *fm* recedat, et in plures radiolos dispergetur. Qui radioli charta candida, vel pariete a prismate *cde* 16 aut 18 pedibus remoto, excepti, oblongam figuram MR septem vivacissimis coloribus distinctam depingent, cujus latitudo IT est circiter $\frac{1}{4}$ longitudinis MR. Haec oblonga imago dicitur *Spectrum Solare*, et ex pluribus componitur circulis supra se cadentibus (Fig.70), qui omnes quum eamdem habeant diametrum, efficiunt ut imago ex his efformata lateribus rectis GL, AE sibi parallelis, et extremitatibus P, T semicirculos exhibentibus terminata appareat. Quilibet circulus repraesentat Solis imaginem; inter ipsos igitur sunt aliqui, quorum radii a prismate plus, alii minus refringuntur. Hi septem circelli peculiaribus vivacissimis coloribus a se invicem distincti, et depicti apparent eo ordine ut in suprema spectri parte color *rubrus* (il rosso) depingatur, deinde *aureus* seu *croceus* (l' arancio), postea *flavus* (il giallo), tum *viridis* (il verde), post hunc *caeruleus*

noster scribebat: « La teorica della luce è un plagio dell'Ottica del nostro Giamb. « della Porta stampata qui in Napoli 1593. Camera Ottica, prisma triangolare, mezzi « rifrangenti, raggi varii, varia rifrazione, colori figli della rifrazione, etc., sono « tutte invenzioni di questo gran genio Napoletano. » Genovesi, Scienze Metaf. P.II. Teol. c. 9, n. 4. Idem luculenter demonstrat G. Libri, Histoire des scienc. Math. en Ital. V. 2. Verum, ad Ordinis nostri decus, legenda sunt, quae inferius, ubi de telescopiis sermo erit, apponentur.

(ii blu), dein *purpureus*, sive *indicus* (l'indaco), postremo in infima spectri ora *violaceus* (il violetto) (1). Si experimentum ita instituatur, ut angulus prismatis refringens inferne sit positus, basis vero superne, tunc radiorum deviatio ex imo sursum fieret in ea directione, quae praecedenti omnino sit contraria (2).

633. Hoc experimentum evidenter probat lucis quemlibet radium, prout e Sole emissus ad nos pervenit, tamquam aliorum radiorum fasciculum haberi debere, qui in septem radios diversi coloris prismatis ope scindi potest; qui radioli diversicolores diversa pollent refrangibilitate, scilicet sub iisdem circumstantiis non eamdem refractionis legem sequuntur. Si enim radii per prisma non transirent, aut ubi per hoc transeunt, omnes aequaliter refringerentur; Solis imaginem rotundam efformarent: quia vero non aequaliter refringuntur, fit, ut ex radio minus refrangibili oriatur superior, ex magis refrangibili autem inferior spectri ora. Quoniam autem radius ruber supremam tenet hujus spectri oram, violaceus autem infimam, alii spatia intermedia; patet, *radium rubrum minima*, *violaceum maxima refrangibilitate* pollere, caeteros vero intermediis refrangibilitatis gradibus praeditos esse. Haec est illa a Newtono primum evulgata radiorum diversa *refrangibilitas*, et radiorum Solarium *heterogeneorum*, id est magis, aut minus *refrangibilium* (quibus omne, quo fruimur lumen debemus), anatomia quaedam (3); illi enim, qui in iisdem circumstantiis eamdem semper subeunt refractionem, *radii elementares*, et *homogenei* a Newtono vocantur: quamvis haec appellatio non satis sit accurata; quilibet enim simplex spectri radiolus non easdem in omnibus suis partibus semper subit modificationes (4).

634. Observavit etiam Newtonus, radios, qui *magis refringuntur*, majori quoque *reflexibilitate* gaudere, idque hoc facili experi-

(1) Haec est ratio cur, postquam Solem intuerimus, si oculos illico claudamus, etiam his clausis nobis appareant successive iidem colores, ruber primo, deinde flavus etc. et ultimo violaceus.

(2) Hic notandum, objectorum imagines, quae per prisma videntur, inferius videri, ubi angulus prismatis refringens sursum collocatus fuerit; videri autem altius, ubi idem angulus deorsum collocatur. Si prisma verticaliter disponatur, objectorum imagines nunc dextrorsum nunc sinistrorsum, pro diversa prismatis positione, apparent.

(3) Ex recentioribus DD. Herschel, et Frauenhofer observationibus etiam lux flammae e combustione emissae, lux electrica, lux Veneris, ac sideris Syrii in prismatibus excepta quoddam spectrum producunt. Idem Frauenhofer anno 1817 detexit, in tota spectri solaris superficie dari quasdam rectas lineas obscuras diversae magnitudinis horizontaliter per totam ejus longitudinem dispositas, quarum numerus pro diversa spectri solaris magnitudine usque ad 600 augetur; easdemque non in spectro a luce solari efformato tantum, verum etiam in spectris lucis Veneris, Lunae, aliorumque planetarum observavit. Notandum autem has lineas nudis oculis non esse in spectro conspicuas, sed adhibito telescopio numerari posse.

(4) Vide Pouillet loco cit. n. 391.

mento comprobavit. Sequuta in prismate radiolorum refractione, sensim et lente contorqueatur prisma, cujus ope color ruber, et color caeruleus ex. gr. in charta, vel pariete pinguntur, ita ut refractio in reflexionem vertatur, et lucis radius in illa eo *obliquius* incidat, quo magis invertatur prisma; color caeruleus observabitur e charta vel pariete evanescere antequam ruber deleatur; ergo minus in prismate requiritur obliquitatis ad radii caerulei, quam ad rubri reflexionem; id est radius caeruleus facilius reflectitur, quam ruber; seu radii maxime refrangibiles prius aliis reflectuntur.

635. Hic autem quaeri potest, an quilibet ex septem radiolis proprio, et nativo colore imbutis, qui in spectro observantur, eumdem semper colorem retineat, aut in alios quoque radiolos simpliciores, ac pariter diversicolores dividi possit? Respondemus, quemlibet radium simplicem congenitum sibi colorem servare, quamcumque patiatur refractionem, aut reflexionem. Spectrum enim Solare excipiatur in charta, vel tabula septem foraminibus pertusa; deinde aliquis ex coloribus in spectro depictis per foramen sibi respondens solus trajiciatur, et in aliud prisma oblique etiam incidat. Hic refringetur quidem, sed eumdem in egressu retinebit colorem, quem in ingressu prismatis habebat. Si post quotcumque refractiones idem radiolus reflectatur speculo concavo, aut convexo, nativum semper exhibebit colorem; si lentis convexae ministerio in focum colligatur, idem semper color intensissimus conspicietur. Ex his experimentis prono alveo fluit, *colores lucis primigenios non esse nisi septem, eosque esse simplices, ac homogeneos* (1). Hic non moramur in discutiendis opinionibus tum Domini Göthe Germani, qui nonnisi *lucem albicantem* existere; spectri vero colores non oriri nisi *ex albi, et nigri commixtione* paucis abhinc annis effutivit: tum DD. Wollaston, et Weis, qui *quatuor* esse primigenios colores, *rubrum* nempe, *flavum*, *caeruleum*, et *violaceum* contendebant; tum denique DD. Wünsch et Petrini, qui tres, *rubrum* scilicet, *viridem*, ac *violaceum* eosdem esse statuebant (2); vel D. Brewster, qui eosdem ad *rubrum*, *flavum*, et

(1) Quum quemlibet ex septem simplicibus radiolis suo primigenio, ac nativo colore imbutum esse dicimus, hoc non ita intelligendum esse volumus, quasi radiolis insit aliquid nostris sensationibus persimile; sed quod insita vi donentur ejus coloris sensum excitandi, pro diversa, quam habent, constitutione, juxta quam diversas commotiones in visus organo excitare valent.

(2) In horum Physicorum opinione color aureus, et flavus oriuntur ex commixtione coloris rubri et viridis, qui aureum gignunt si color ruber in majori copia misceatur, gignunt vero flavum si copia coloris viridis sit major: ita pariter color coeruleus oritur ex commixtione coloris viridis, et violacei, in qua viridis copia sit major; color indicus nascitur ex commixtione eorumdem colorum, in qua violacei quantitas viridis quantitatem excedat. Praeterea, ajunt iidem Physici, Newtonus ideo statuit singulos ex septem spectri radiis esse simplices, quia aliud prisma, cujus

caeruleum redigit: singulae enim ex his opinionibus permultis difficultatibus ita sunt obnoxiae, ut Physici saniores a theoria Newtoniana de colorum simplicium numero septemplici haud recedendum putent.

636. Quemlibet autem ex septem coloribus simplicibus non eamdem in spectro spatii quantitatem occupare deprehendit Newtonus. Si namque totius spectri longitudo (Fig. 70.), exclusa utrinque ora circulari, dividatur in partes aequales 360; manifeste color ruber includet 45 earum partium, aureus 27, flavus 40, viridis 60, caeruleus 60, indicus 48, violaceus 80. Notandum tamen hasce proportiones nonnisi quamdam generalem de colorum in spectro distributione indicationem exhibere: extensio namque singulorum colorum varia esse potest, pro varia vitri specie, ex quo prisma fuerit efformatum.

637. Radioli spectri solaris non ex diversa refrangibilitate, aut reflexibilitate tantum distinguuntur, sed etiam ob *variam*, qua pollent, *vim calorificam*. D. Rochon omnium primus, anno 1775, varios spectri solaris radios explorando, observavit, non omnes eamdem caloris quantitatem thermometro communicare, sed majorem inesse calefaciendi vim in rubro, quam in caeteris radiis, minimam vero inesse in violaceo, ita ut progrediendo a violaceo ad rubrum haec crescat ut 2: 7. Hanc veritatem exquisitioribus thermometris *Herschel* postea confirmavit; qui praeterea expertus est, maximam calefaciendi vim haberi ex radiis calorificis invisibilibus, qui extra spectrum citra rubrum colorem per 38 millimetra, seu per $1\frac{1}{2}$ pollicem se extendunt: id quod innuere videtur, radios calorificos non eadem refrangibilitate, ac radios luminosos donari, et bina spectra gigni, alterum calorificum, alterum luminosum, quorum primum sit magis oblongum. D. Berard invenit maximum calorem tunc haberi, quum radius ruber in thermometri globum incideret: idem expertus est D. Davy. D. Melloni denique expertus est, quo magis prismatis substantia fuerit diathermica, eo magis calorem a flavo recedere, et versus rubrum pergere. Ex his omnibus observationibus statui posse putamus, *ad radii rubri extremam oram hoc caloris maximum consistere.*

ope quemlibet radium simplicem excipiebat, et ejusdem esse coloris in egressu ex eo aeque ac in ingressu inveniebat, eadem vi refractiva, ac prius prisma, pollebat; at adhibendo duo prismata, quorum vis refringens fuerit diversa, invenitur tres radios rubrum, viridem, et violaceum nullam quidem coloris immutationem in alterius prismatis egressu subire; reliquos vero, aureum scilicet, flavum, coeruleum, et indicum ex hoc altero prismate egressos spectrum variis coloribus pictum gignere. Quidquid inde sit, Physici celebriores simplicium colorum numerum septemplicem adhuc admittunt.

638. Lucem in *variis chemicis phaenomenis* suum imperium exercere, omnibus compertum est. Scimus namque plantas, ac olera vividius vegetare, ac se se explicare, ubi majorem vim suam exerat lux solaris; sicut e contrario graciliora esse, minus sua folia explicare, et albescere, ubi in tenebris vegetent (1). Majus praeterea robur, et color vividior in rusticis hominibus magna saltem ex parte oritur a luce; quemadmodum homines carceribus detenti, proceres qui ad medios usque dies in suis palatiis inhabitant, aliique qui ex status sui conditione vitam in locis segregatis, ac clausis trahunt, vultu sunt squalidiores, et macilentiores. In corporibus etiam minime organicis vim suam lux exerit, ut demostrant permulta chemica phaenomena, quae passim apud Chemiae auctores occurrunt. Lucis actio in argenti chlorurum, in sales auri, in chlori et hydrogenii commixtionem res est Chemicis omnibus notissima. Si ex. gr. chartae plagula argenti chloruro suffusa radiis solaribus objiciatur, statim colorem induit violaceum, deinde nigra evadit. Chlorum et hydrogenium in phyala inclusa statim ac radiis solaribus exponantur, explosione facta, inter se combinantur. At quod hic scire interest, illud est, an scilicet radii diversicolores eamdem vim chemicam habeant, eamque eodem gradu exerant? Ad hanc quaestionem pariter respondemus, hac vi diverso inter se gradu radios prismaticos pollere; et quemadmodum vis calorifica ex parte radii rubri est maxima, ita e converso *vis chemica ex parte radii violacei in intensiori gradu se se prodit*. Observavit namque Scheele, chlorurum argenti radio violaceo spectri expositum citius quam ex aliorum radiorum actione obscuro colore suffundi, quem postea constanter servat; et Wollaston reperit hunc effectum in extrema radii violacei ora celerius quam in ipso radio violaceo locum habere. D. Berard expertus est dictam gas hydrogenii, et gas chlori miscelam ex radii tantum violacei actione intra breve minutorum intervallum confici; id quod alii radii etiam per plures horas praestare nequeunt. D. Melloni denique extra omnem dubitationis aleam hanc spectri proprietatem innumeris experimentis nuperrime posuit, maxime post Dni Daguerre inventum, quo objectorum imagines cum suis coloribus permanenter, ex lucis chemica actione, in lamellis ad id opportuna praeparatione dispositis, intra brevissimum tempus pinguntur.

639. D.s Morichini denique, publicus Chemiae Professor in Alma Urbe, anno 1813, etiam quamdam *vim magneticam* in radio violaceo detexit; positis enim in radio violaceo exilissimis filis cha-

(1) Hanc lucis proprietatem probe noscunt hortulani, qui ut olera quaedam albicantia reddant, eadem humo, vel alio stramento cooperiunt: hac enim ratione lucis actioni minime subjacent.

lybeis, brevi tempore vim magneticam illa acquisierunt. Hanc radii violacei proprietatem a quibusdam impugnatam, asseruit anno 1826. D^ni de Sommerville, quae radiis solaribus exponendo quaedam fila chalybea in vittis sericis violacei coloris involuta, eadem vim magneticam acquisivisse experta est. Recentiores tamen investigationes Dni Barlocci Romani, et Zantedeschi Veneti hanc vim radiis violaceis inesse confirmant, quamvis Pouilletus referat permulta experimenta eam in rem a se instituta nihil innuisse, ex quo radiis solaribus haec vis magnetica tribui posset (1). Ex iis omnibus, quae huc usque diximus, inferri posse Physici statuerunt, lucem ex tribus diversae speciei radiis esse compositam, nempe ex radiis *illuminantibus*, ex radiis *calorificis*, et ex radiis *chemicis*.

640. Quemadmodum autem lux nondum decomposita alborem referens, ubi decomponatur, in septem radiolos dispescitur; ita pariter manifestum est, quod si radii simplices inter se veluti in quodam puncto commisceantur, *color albus* gigni debet. Id plurimis comprobatur experimentis. Si namque post prisma *cad* (Fig. 72) aliud prisma *cbd* ejusdemque anguli refringentis in directione eidem contraria ponatur, ita ut parallelepipedum quoddam ambo constituant, spectrum coloratum non amplius apparebit, sed tantum lucis albae circulus videbitur. Item spectrum solare in distantia 6, aut 7 pedum a prismate incidat in lentem convexam 4 circiter pollicibus latam: haec radios omnes in suum focum congregabit. Si in eo loco, ubi focus est conspicuus, ponatur charta alba, omnes disparebunt colores, et focus albicans et lucidus tantum erit. In hoc autem foco tantum *permixtionem*, non autem *destructionem* colorum fieri ex eo patet, quod si ultra focum removeatur charta alba, colores statim redibunt, sed ordine inverso positi, ob radiorum decussationem. Liquet proinde, *colorem album nihil aliud esse, quam commixtionem omnium colorum in radiis solaribus contentorum*. Idem etiam ex reflexione obtineri potest, spectrum nempe super concavi speculi superficiem excipiendo: omnes enim radii in hujus foco collecti circellum pariter album ac splendidissimum, nempe solis imaginem referent. Experimentum mechanicum, quo lux alba ex septem radiorum coloratorum mixtione haberi potest, vide in Pouillet (2). Tam ex analisi igitur, quam ex synthesi patet, *lucem albam ex septem primigeniis coloribus componi*, in quos ope prismatis fuit divisa.

641. Quoniam igitur albedo ex omnium radiorum coloratorum permixtione oritur (640); evidens est, quod si non omnes co-

(1) Vide Pouillet Phys. L. 3. C. IV. n. 187.
(2) Loc. cit. n. 392.

lorati radii permiscerentur, non produceretur albedo, sed ab hac eo major fiet recessus, et ad peculiarem aliquem colorem vergentia, quo plures colorati radii intercepti, paucioresque colores conjuncti fuerint. Id etiam constat experimento. Prohibeatur ne aliquis ex homogeneis radiolis, violaceus ex. gr., ad lentem perveniat; evanescet in charta albedinis imago, et focus verget ad colorem fuscum, qui a sex reliquorum colorum commixtione emergit: restituatur prohibitus radius, alba quoque imago restituetur. Ita pariter si duo tresve radii diversi coloris ope lentis uniantur, alius enascetur color, qui *secundarius* appellatur, ut discriminetur a septem spectri radiis, qui *primarii* vocantur. Sic si *ruber*, ac *flavus* uniantur, enascetur *aureus*; si *flavus*, et *coeruleus*, *viridis* obtinebitur; si *violaceus*, ac *coeruleus*, habebitur *indicus*, et sic de caeteris (1). Ubi quidam spectri radii uniantur, peculiaris color enascitur; ex reliquorum radiorum commixtione alius quidam peculiaris color obtinetur ab illo diversus: hi duo colores compositi *complementarii* vocantur, quia si in unum coeant, lucem albicantem producunt. Denique quum *nigredo* albedini sit opposita, nonnisi *in omnium aut fere omnium radiorum privatione consistit. Albedo* igitur, et *nigredo* inter colores prorsus recenseri non debent; albedo enim in pura luce consistit, estque *omnium colorum collectio*; *nigredo* vero in *lucis defectu*, nullumque colorem exhibet, quamvis abunde a luce illustretur.

642. Quoniam corpora opaca videre non possumus, nisi mediante lumine ab iis reflexo; jam manifestum est, quod de *corporum coloribus propriis* docuit Newtonus; *colorum* nempe *varietatem* in corporibus repetendam esse ex eorumdem partium minimarum contextu, dispositione, figura; ex quibus fit, ut alia corpora his, alia vero illis radiis abundantius reflectendis sint magis accomodata. Hinc apparent *rubra* ea corpora, quae *copiosius radios rubros reflectunt;* ea *violacea*, quae radiis violaceis reflectendis aptiora sunt; ea *candida*, ex quibus omnes ferme radii regeruntur; ea demum *nigra*, quae radios omnes absorbent, nullosque reflectunt. Ex quo etiam perspicuum est, nos corpora nigra proprie non videre; sed eadem distinguere ex aliis circumpositis illuminatis, veluti si chartae albae foramen infligamus, pensilemque in aere eamdem chartam detineamus, foramen illud nigrum cernimus, licet omnis corporis sit privatio, ab eoque nulli prodeant lucis radii.

(1) Hinc quidam opinati sunt, quatuor tantum esse colores primigenios, *rubrum* nempe, *flavum*, *coeruleum*, ac *violaceum*, reliquos tres vero ex combinatione duorum colorum oriri, inter quos singuli in spectro siti sunt. Newtonus tamen hanc sententiam explosit innumeris, et accuratioribus experimentis, ostenditque etiam aureum, viridem, et indicum esse aeque ac alios quatuor, primigenios, ac simplicissimos. Vide Opt. Luc. P. 3.

Ex eo autem, quod corpora alba omnes radios reflectant, sequitur eadem sensum visus fatigare, ac laedere; ob eamque rationem milites Xersis visum amisisse dicuntur, ex quo montes multa nive coopertos per aliquot dies peragrassent. Ob contrariam vero rationem oculi foveri, ac recreari debent, ubi in nigra corpora eos intendamus. Patet etiam, cur corpora nigra facilius incalescere debeant, quam alba, aut colorata.

643. Experientia denique compertum est, quod si radius quilibet ad spectrum solare efformandum concurrens, a quocumque corpore, quod alio colore praeditum sit, excipiatur; corpus istud colore radii incidentis, quem reflectit, non proprio colore tinctum apparebit. Si vero tum radius incidens, tum corpus illud excipiens, ac reflectens ejusdem fuerint coloris, vivacissimus evadet hujus corporis color; reliqua vero corpora circumstantia ab aliis radiis illuminata obscurius splendescent. Hinc explicari potest cur objecta per vitrum coeruleum, viride, vel rubrum conspecta, coerulea, viridia, vel rubra appareant; cur facies hominum coeruleo-flavo colore tinctae videntur, si in camera obscura illuminentur a flamma spiritus vini, quae eumdem colorem emittit; cur denique omnia objecta colorata, ad lucem candelae, alterius coloris, quam ad lucem Solis, Lunae, vel ignis ardentis conspiciantur.

644. *Achromatismus.* Quum lucis radii diversa polleant refrangibilitate (633); quoties medii refringentis facies inter se quadam determinata obliquitate inclinantur, lux a suo itinere magis deflectitur, et radiorum heterogeneorum dispersio magis augetur: inde fit, ut imagines diversicolores in diversis distantiis producantur. Id autem non ex sola diversa superficierum obliquitate oriri potest, sed etiam ex diversa medii natura. Hinc videmus non modo prismata, verum etiam lentes convexiores, crystallos poliedras, sphaeras vitreas aqua repletas lucem in suos primigenios colores decomponere. Ut de lentibus tantum loquamur, sciendum est, has ut prismatum ad se invicem oppositorum collectionem spectari posse; ex quo fit, ut radii lucis (Fig. 71.) A, et B in lentem *xy* incidentes, refracti in C, et D resolvantur in radios CG, CH, CI, et DK, DL, DM; quorum CG, et DK violaceum, utpote magis refrangibilem, exhibent; CI, et DM rubrum, nempe minus refrangibilem; reliqui radiolos intermedios. Radii ejusmodi super charta alba excepti diversicolores exhibent imagines, prout charta vel in lentis foco *d* sistitur, vel lenti magis admovetur, vel a foco magis removetur. In foco *d* omnes radii elementares in unum coeunt, albamque imaginem pingunt; at si charta lenti versus *a* admovetur, imago apparet alba in centro *a*, ubi radii magis refrangibiles simul coeunt, albamque lucem gignunt; sed versus extremam oram eadem imago rubra et flava aureola ambietur, quia radii rubri et flavi, utpote

minus refrangibiles, in extrema lentis ora consistunt, illamque suis coloribus circumdant: si vero charta a foco versus *b* removetur, lens fimbria violacea, et caerulea apparet amicta, quia radii violacei, et caerulei magis refrangibiles, postquam in focum simul coierunt, inde divergentes separantur, ut *Cg*, *Df*, et suis coloribus imaginis oram suffundunt. Hinc objecti imago trans hasce lentes visi, nonnisi indeterminata, et confusa, ob hanc radiorum aberrationem apparere debet; ipsaque radiorum diversa refrangibilitas in caussa est, ut coloratis fimbriis circumdata videatur etiam lens, ita ut oculus in *a* constitutus eam in extrema ora nunc rubro et flavo circulo infectam cernat, nunc violaceo colore suffusam, prout radii elementares ob suam diversam refrangibilitatem vel ante vel post lentis focum simul coeunt cum reliquis, ex quibus objecti imago efformatur. Haec est, quam *aberratio refrangibilitatis* appellant, quae instrumentorum dioptricorum perfectioni plurimum nocet.

645. Gravissimo huic incommodo obviam iri diu impossibile creditum fuit, eo quod Physici, inter quos ipse Newtonus, putarent lucem deviare non posse, quin colores orirentur. Acris hac de re disputatio circa medietatem saeculi proxime elapsi agitabatur inter clarissimos Mathematicos Eulerum, Clairaut, et d'Alembert; quando Ioannes Dollond, Opticus Anglus, anno 1757, quaestionem omnem, quam illi theoretice tractabant, re et facto e medio sustulit. Quum enim animadvertisset, albam crystallum anglicanam, quam patrio nomine *flint–glass* vocant, multo potentiore vi dispersiva pollere prae viridi crystallo, quam *crown–glass* appellant, post multa tandem tentamina lentes construxit, quae omnem radiorum aberrationem prorsus excluderent, quas proinde *achromaticas* (1), id est *nullum colorem exhibentes*, merito vocavit.

646. Quoniam lentes ut infinitorum prismatum collectio spectari possunt (646.); ratio lentes achromaticas efformandi a prismatis achromatici constructione pendet. *Prisma* autem *achromaticum* ita efformatur. Si duo prismata *acd*, *dcb* (Fig. 72.) ita jungantur, ut uniuscujusque vertex cum extremitate basis alterius jungatur, et parallelepipedum *acbd* efforment: deinde solaris radius *so* incidat in faciem *ac*, hic refrangetur quidem in radiolos coloratos per *om*, *on*; sed in alterum prisma sub hac refractione ingrediens, contrarium experietur effectum, nempe ab eo emergere debet recompositus, et albicans ut prius, per lineam *ru* priori directioni *os* parallelam. Quod si alterum prisma *cdb* vim dispersivam majorem, quam *acd* habeat, haec radiorum dispersorum collectio efficacius fiet. His principiis firmiter ab Eulero ope calculi mathema-

(1) Ab α privativa, et χρωμα, color.

tici statutis, Dollondus lentes *achromaticas* construxit, ex tribus lentibus simul junctis, quarum media utrinque concava erat ex alba crystallo (*flint-glass*), duae extremae convexae ex crystallo viridi (*crown-glass*). Hodie tamen generatim duae tantum lentes adhibentur, altera scilicet concavo-concava, vel plano-concava ex *flint-glass*, alterà vero utrinque convexa ex *crown-glas*, ita tamen ut diversam habeant radii curvaturam; ex quo fit ut radii diversicolores in idem punctum physicum coire possint, omnisque aberratio a lentium figura procedens, maxima ex parte perimatur: nam achromatismus absolutus si non est omnino impossibilis, difficillime tamen sperari debet. Lentium itaque achromatismus ita explicatur. Sit lens M*n* (fig. 73.) hac ratione efformata. Radius lucis E*f* in ipsam perpendiculariter incidens, irrefractus pertransit; radius tamen GH refractionem patitur, et in coloratos radiolos separatur: radiolus violaceus, utpote magis refrangibilis, viam HI sequitur; radius vero rubeus, qui minus refrangitur, per directionem HK pergit. Subeuntes autem lentem concavam M'*n*' ex *flint-glass*, ac densiorem, refringuntur contraria ratione, et quidem magis quam si a priori vitro refringerentur, adeoque radii colorati ita mutant situm ut superiores inferiorem, inferiores superiorem occupent locum: hinc radius rubeus per viam KL, violaceus autem per IN pergit: deinde ex ea emergentes, radius rubeus per directionem LF, et violaceus per rectam NF procedit; quapropter coeunt simul in punctum F: sicque omnis radiorum dispersio tollitur, et objecti imago majori perspicuitate donatur.

647. *Annuli colorati.* Corpora omnia, ubi in tenuissimas lamellas fuerint dissecta, hac donantur proprietate, ut lucis radius in ipsas incidens, separetur in primigenios colores, quorum alii reflectuntur, alii transeunt, pro diversa lamellarum crassitie. Observavit id Newtonus in tenuissimis lamellis *micae*, quam vulgo *vitrum Moscoviticum* vocant, in guttulis olei aquae innatantibus, in bullis vitreis in lychno fornaceo conflatis, potissimum vero in bullulis, quae aquam sapone inspissatam inflando formantur, quibusque pueri praecipue delectari solent (1). Sed ut observationes commodius, ac diutius institueret, binas lentes CD, AB satis amplas (Fig. 74.), alteram quidem plano-convexam, alteram vero utrinque convexam sibi mutuo superimposuit, ac invicem appressit: inter eas namque aer tamquam lamina tenuissima, sed diversae crassitiei interjacet; tenuissima quidem ubi lentes se mutuo taugunt, crassior

(1) Diversi colores, quos exhibent metalla probe laevigata, uti chalybs et ferrum ubi calefaciuntur, et aperto aeri exponuntur, ex eadem causa procedunt; nihil aliud enim sunt hi colores, nisi exilissimae oxydi lamellae, quibus metallorum superficies obducuntur.

pro majori a contactus puncto distantia. Radium lucis sub incidentiae angulo circiter graduum 4 in lentem superiorem cadere fecit; ac oculum desuper in distantia octo pollicum perpendiculariter collocavit, ut tantum lucem OG exciperet, quae a lamella aerea inter duas lentes posita reflectitur, non autem FH, quae in superiori superficie lentis AB reflectitur. Vidit itaque hoc modo in puncto, ubi duae lentes se contingunt, maculam quamdam nigram, quam varii annuli ab invicem distincti ambiebant, quorum colores, a centro incipiendo, sequenti ordine erant dispositi.

1.° Niger, caeruleus, albus, flavus, rubeus.
2.° Violaceus, caeruleus, viridis, flavus, rubeus.
3.° Indicus, caeruleus, viridis, flavus, rubeus.
4.° Viridis, rubeus.

Erant et post eos alii annuli colorati, sed eo minus ampli, et eo debiliores erant, quo magis a centro distabant. Horum annulorum coloratorum diametros aestimavit; invenitque earum quadrata esse inter se ut numeros impares 1. 3, 5, 7; ex quo intulit annulorum amplitudinem minui prout a centro magis recedunt: mensus est etiam diametros annulorum obscuriorum, qui inter coloratos interjacent, et invenit earumdem quadrata esse ut numeri pares 0, 2, 4, 6....(1). Quumque crassities stratorum aereorum inter lentes interpositorum, et diversis annulis coloratis, ac obscuris respondentium sint etiam ut diametrorum quadrata; patet, ipsas etiam numerorum parium, vel imparium rationem sequi.

648. Lentes deinde ab altera parte inspexit, nempe non per lucem reflexam, sed per lucem transmissam, et iterum annulos coloratos inspexit; verum non in eodem loco, sed iis in locis, in quibus priores annuli a se distabant; quorum series incipiendo a puncto contactus, ubi loco maculae nigrae apparebat macula alba, ita se habebant.

1.° Albus, ruber-flavescens, niger, violaceus, caeruleus.
2.° Albus, flavus, ruber, violaceus, caeruleus.
3.° Viridis, flavus, ruber, viridis subcaeruleus.
4.° Ruber, viridis subcaeruleus, etc.

Observationes hujusmodi in radiis lucis albae confectas, seu in *aperta luce*, ut ait ipse Newtonus, postea in singulis spectri radiis coloratis iteravit, ut perscrutaretur quinam futuri essent effectus *luminis colorati* in haecce vitra objectiva incidentis, et invenit eosdem annulos jam multo distinctiores evasisse, et longe etiam majori numero, quam in aperta luce; hac tamen differentia, quod annuli in aperta luce apparentes variis coloribus praediti erant, dum isti toti videbantur eo uno colore, qui esset a prismate projectus;

(1) Vide Newton, Optic. Lucis, pag. 191, edit. Londin. 1719.

hoc modo scilicet, ut quemadmodum radius lucis albae annulos diversorum colorum circa nigram maculam in centro positam gignit, ita radius ruber, ex gr., annulos tantum rubros et obscuros alterne producit. Quadrata diametrorum cujusvis annuli tam lucidi, quam obscuri etiam in ratione numerorum imparium, ac parium esse invenit, eamdemque proportionem inter aerea strata compertus est. Hi annuli, prout et alii a luce alba producti, tum minimi videbantur, quum oculus in axe annulorum ad perpendiculum supra vitrum collocatus esset; quum autem eos obliquius intueretur, majores evadebant, et dilatabant se perpetuo quaquaversum pro eo ut oculum ab axe longius removeret.

649. Ut horum phaenomenorum rationem redderet Newtonus, lucem *alternas vices facilioris reflexionis, ac transmissus* subire statuit; nempe docuit, lucis radios etiam simplices, ubi superficiem refringentem ingrediantur, post decursa aliqua spatia, quae sint inter se ut numeri impares 1, 3, 5, 7..... aptiores evadere ad *reflexionem*; post decursa autem alterutra spatia, quae sint ut numeri pares 0, 2, 4, 6... aptiores reddi ad *transmissum*, et sic deinceps, semper alternando: aerem vero inter vitra interjacentem ita esse comparatum, ut tamquam exilissima lamella lucem uniuscujusvis coloris aliis in locis reflectat, in aliis transmittat; itemque eodem loco lumen unius coloris reflectat, ubi lumen alterius coloris transmittat. Hoc innixus fundamento, omnia quaecumque phaenomena explicabat, quae in exilissimis lamellis tum aereis, tum aqueis, tum etiam metallicis observantur; ejusque hac super re theoria, vel potius hypothesis ad nostra usque tempora ita in scholis invaluit, ut tamquam principium indubium, ac certissimum ab omnibus haberetur. Dubitari tamen coeptum est de ipsius veritate postquam D. Fresnel vibrationum theoriam in medium reposuit, ac validioribus rationibus et argumentis confirmavit: in hac enim *vices alternae facilioris accessus et transmissus*, quae phaenomenon diversis tantum verbis exprimunt quin illud explicent, prorsus evanescunt; annuli vero oriuntur ex concursu duarum aequabilium reflexionum, quae in prima, vel secunda exilium laminarum superficie locum habent. Quoniam autem longius, quam Instituti nostri ratio sinit, haec nos materia pertraheret, eam verbis ipsissimis D.ni Fresnel expositam vide, si libet, in Pouillet (1).

650. Ex his etiam principiis Newtonus omnes corporum colores tum *permanentes* seu *proprios*, tum *variabiles*, tum denique *accidentales* explicabat. De coloribus propriis corporum verba fecimus in n.° 642. Superest ut de duobus posterioribus pauca dicamus. Colores *variabiles* sunt illi, quos sine ulla intima partium mutatio-

(1) Pouillet, loc. cit. n. 437—441.

ne exhibent quidam panni serici, quarumdam avium plumae, colla columbarum, caudae pavonum. Plumae avium constant diaphanis lamellis tenuissimis; panni serici etiam ex tenuissimis filis, ac villis sunt compositi. Hinc, ajebat Newtonus, juxta diversas lucis inclinationes, diversi radioli vel reflectuntur, vel transmittuntur; ob partium enim illa corpora componentium exilitatem, tum ob diversam lamellarum a se invicem distantiam, vel diversam crassitiem, diversa oriuntur vicium intervalla, ac numeri in radiis diversa obliquitate incidentibus; hinc colores varii pro varia aspicientis inclinatione.

651. Colores autem *accidentales*, eos nempe, quorum notio haberi, aut servari potest etiam in absentia objectorum, quae illos excitant, ita pariter facile explicabat. Si plano albo quadratulum chartae coloratae imponatur, fixoque intuitu per aliquod temporis intervallum ad oculi fatigationem usque conspiciatur, ac deinde oculus ipse ad chartam albam convertatur; aliud quadratulum apparebit colore a priori diversum, adeo ut *rubeus* praebeat *viridem*, flavus *caeruleum*, viridis *indicum*, etc. Axioma est metaphysicum, *impressionem vehementiorem in sensibus factam hebetare debiliorem ejusdem generis.* Oculus itaque antea defatigatus ex fixo intuitu coloris rubei, aut flavi, aut viridis minus postea afficitur ab his ipsis coloribus minus vividis, quales esse solent in charta alba colores omnes simul permixtos referente: adeoque ita se habet, ac si a particulis rubeis, aut flavis, aut viridibus ad sensum minime afficeretur. Atqui deficiente radio rubeo, color ex reliquis sex coloribus emergens accedit ad *viridem*; deficientibus vero flavis, aut viridibus, radius ex reliquis emergens accedit ad *caeruleum*, aut *indicum;* ergo oculus ad chartam albam conversus, colorem alium videre debet, ac illum, quem antea fixo intuitu contemplatus est.

652. D.nus La Place hoc phaenomenon cuidam oculorum dispositioni tribuit, qua fit ut radii similes radiis chartae albae, qui in luce quadratuli colorati reperiuntur, veluti attrahantur ab iis, a quibus oculus vividissime affectus fuit: tunc enim solus color a commixtione reliquorum radiorum exurgens visibilis esse potest. Sed haec hactenus.

CAPUT QUINTUM

DE DUPLICI REFRACTIONE, DE POLARISATIONE, ET DIFFRACTIONE LUCIS.

653. Praeter eas, quae hactenus descriptae sunt, radiorum lucis proprietates, sunt et aliae adhuc considerandae; quas fusius quidem Physici recentiores eam ob rationem pertractant, quia et ex maxima parte omnia ejus generis theoremata paucis abhinc annis

fuerunt inventa, et *vibrationum* theoriae firmandae plurimum inserviunt: at quoniam vel analyticis formulis, et demonstrationibus, vel instrumentis, ac machinis complicatis eorum ratiocinationes innituntur, nos ea tantum seligemus, quae communi adolescentium captui sunt magis accomodata: eosque, qui profundius hanc pulcherrimam Scientiae partem rimari cupiunt, ad pluries citatam D.[ni] Pouilleti Physicam remittimus (1), nec non ad D.[ni] Biot *Traité sur la polarisation de la Lumière* (2), et ad Gerbi Physicam (3).

654. Alteram itaque radiorum lucis proprietatem nobis aperit *duplex refractio crystalli Islandicae* (spato calcareo, o calce carbonata), quam quidem primus observavit et descripsit Erasmus Bartolinus saeculo XVII; accuratius autem post eum Christ. Hugenius in libro *De Lumine* gallice edito. Est crystallus ista lapis pellucidus et fissilis, aquam vel crystallum *de rupe* pelluciditate aequiparans, coloris expers, ejus speciei, quam vulgo *talcum* appellant; atque ex 56 calcis partibus, et 44 acidi carbonii constat. Invenitur in Islandia sub diversis formis, sed fere forma parallelepipedi obliqui, faciebus sex parallelogrammis, et octo angulis solidis; parallelogrammorum anguli obtusi sunt graduum 101.°, 52′; acuti autem graduum 78.°, 8′. Nec in crystallo Islandica solum eadem lucis proprietas se se exerit; sed et in crystallo *de rupe*, multisque aliis crystallis, quarum enumerationem confecit D. Brewster in *Transactionibus Anglicanis* A. D. 1818; verum in his differentia duarum refractionum minor est, nec tam manifesta, quam in crystallo Islandica. Duplex autem *refractio* in hoc potissimum consistit, quod sicut lucis radius in corpus diaphanum oblique incidens, priorem suam directionem, quam *refractionem* appellavimus, hac lege immutat, ut radius incidens, et radius refractus semper in uno eodemque plano existant, quod duorum mediorum communi superficiei sit perpendiculare (598); ita in crystallo Islandica, aliisque ejus generis, radius refractus geminatur, objectaque trans eam conspecta, ex gemina hac refractione videntur bina. Duarum istarum refractionum altera eo modo, quem diximus (600), efficitur, ita nimirum ut sinus incidentiae ex aere in hanc crystallum sit ad sinum refractionis ut 5: 3; altera vero, quae appellatur *refractio extraordinaria*, et a Newtono *refractio inusitata*, aliam requirit legem, quam hic declarabimus.

655. In rhomboide hujus crystalli HA (Fig. 75.) distinguere oportet duos angulos solidos obtusos C, et E; duorum parallelogrammorum oppositorum BA, HG *diagonales* DC, EF; *axem* CE,

(1) Pouillet, *Phys. Lib. III. P. II.*
(2) Biot, *Traité etc. Part. III.*
(3) Gerbi, *Fisica Tom. V. num.* 1024 *e seg.*

qui dictos angulos obtusos oppositos conjungit, et *sectionem principalem* CDEF, planum uempe, quod normaliter duas oppositas facies BA, HG secundum axis directionem dividit. His positis, si linea ST repraesentat radium incidentem ad T in superficiem refringentem AB; hic si perpendiculariter incidat, in immersionis puncto T dispertitur in duos radios TV, TX, qui ad inferiorem crystalli superficiem HG perveniunt; horum primus TV irrefractus pertransit, ut in refractione ordinaria, alter vero declinat per TX: si vero idem radius ST in superficiem refringentem oblique incidat, etiam in duos radios dividitur, ut in incidentia perpendiculari. In quovis casu adest *duplex refractio*; altera *ordinaria*, in qua radius refractus ad perpendicularem ex nota refractionis lege accedit; altera *extraordinaria*, seu *inusitata*, in qua radius minus ad perpendicularem accedit, angulumque refractionis majorem efficit: primus radius dicitur *ordinarius*, alter vero *extraordinarius*, distantia vero VX inter utrumque radium interposita, *distantia radialis*, seu *aberrationis amplitudo* audit.

656. Ob ordinatam minimarum partium dispositionem, qua hae crystalli gaudent, *axis* earum non quasi axis figurae, seu unica linea recta EC, quae angulos oppositos C,E tantum conjungit, estque diagonalis parallelogrammi CDEF, considerandus est; sed potius tanquam *directio constans* spectari debet; nam omnes aliae huic parallelae eosdem effectus producere valent. Sunt tamen quaedam crystallorum species, iu quibus duae harum directionum, plus, minusve symmetrice inter se inclinatae conspiciuntur, quales sunt micus, topazius, sulphas baritidis, etc. Hinc orta distinctio inter *crystalla unius axis*, et crystalla *duorum axium*. Sunt etiam crystalli quaedam, in quibus *radius extraordinarius* quin a perpendiculari recedat, angulumque refractionis majorem efficiat, ad ipsam magis accedit, angulumque efficit minorem, uti sunt sulphas baritidis, sulphas calcis, et alia hujusmodi. D.nus Biot, cui primo hanc differentiam observare datum fuit, has crystallos *attrahentes* vocavit; priores vero, uti sunt crystallus Islandica, beryllus, phosphas calcis, crystallos *repellentes* appellavit. D.nus vero Brewster easdem *crystallos positivas*, et *negativas* meliori sane calculo vocandas censuit, quia actio vel attrahens vel repellens, quam in lucis radios exercent, ab una eademque vi, quae in duas contrarias directiones se exerit, repeti potest.

657. Ut autem concipiatur quomodo fieri possit haec duplex refractio, sit MNPQ (Fig. 76.) sectio principalis rhomboidis hujus crystalli Islandicae, B punctum visibile, O vero oculus. Manifestum est, inter radios a puncto B ejaculatos, esse BA, qui crystallum ingrediens, dispescitur in radium *ordinarium* AB′, et ad oculum post emersionem pervenit per directionem B′O rectae BA parallelam; et

in radium *extraordinarium* AC, qui etsi emergat secundum directionem CD etiam rectae BA parallelam, oculum tamen non ingreditur. Pari etiam ratione radius B*e* ab eodem puncto B emissus, in radium *ordinarium ef* dividitur, et in *extraordinarium eh*, qui cum radio ordinario AB′ in puncto *i* decussatur, et emergens juxta directionem *h*O, quae est radio B*e* parallela, oculum solus ingreditur; nam *fg* ad ipsum non pervenit, ex quo fit ut oculus O binas puncti B imagines conspiciat, *ordinariam* nempe per OB′, et *extraordinariam* per O*h*.

658. Hic autem notandum, 1.° imaginem, quae observatur juxta radii extraordinarii O*h* directionem, veluti magis distantem a superiori rhomboidis facie apparere; quum enim radius extraordinarius magis inflectatur, adeoque ejus longitudo sit major radii ordinarii longitudine; objecta vero referantur ad apicem coni lucidi (552); hunc apicem longius constitui necesse est. Id experimento manifestum fieri potest: si namque crystalli hujus Islandicae rhombois libro typis impresso imponatur; litterae singulae per crystallum ita inspectae, non solum videbuntur binae, verum etiam singulae singulis depressiores. 2.° Ob radiorum in *i* decussationem, imaginem extraordinariam *inversam* apparere; visam scilicet per O*h* apparere angulo obtuso *h* viciniorem, quam imago ordinaria, quae juxta directionem OB′ videtur. Id hoc experimento confirmavit D. Monge. Si digitus index lateri MN rhomboidis apponatur, pollex vero lateri PQ, deinde oculus ad faciem illius superiorem ita applicetur, ut una ex duabus puncti visibilis imaginibus pone aliam ab oculo conspiciatur; ubi sensim ac lente inter faciem rhomboidis inferiorem, et planum, in quo punctum visibile existit, aliqua chartae albae plagula intromittatur, donec unam harum imaginum abscondat, et invisibilem reddat, observabitur, imaginem ope hujus chartae absconditam non illam esse, quae versus plagam, unde charta intromittitur, posita est, sed illam, quae in plaga opposita est constituta. Et re quidem vera, quum latus PQ versus spectatorem sit positum, charta, quae ab N in *e* transit, radium B*e* intercipere debet; radium nempe, a quo pendet radius emergens *h*O, qui imaginem spectatori proximiorem producit.

659. Quod si duarum crystalli Islandicae portionum altera super aliam imponatur, haec phaenomena habentur: 1.° Si harum portionum sectiones principales fuerint inter se parallelae, vel in eodem plano existentes, radii *ordinarius*, et *extraordinarius* eo modo, quo sunt in inferiori portione refracti, per superiorem etiam portionem transibunt, quin aliam subeant divisionem; adeoque oculus easdem semper binas imagines conspiciet, in majori tamen distantia sitas, pro aucta radiorum per superiorem portionem transeuntium distantia: 2.° Si sectiones principales ad angulum rectum se

intersecabunt, radius *ordinarius* inferioris portionis a portione superiori tamquam radius *extraordinarius* refrangetur, et vice versa. In hoc etiam casu nonnisi binae imagines existunt: 3.° Si denique alterutra harum portionum quacumque positione his duabus intermedia disponatur, earumque axes inter se angulum 45 graduum efficiant, ambo radii in superiori portione bipartientur; scilicet duplex altera refractio locum habebit, adeoque *non duae*, sed *quatuor imagines* erunt visibiles.

660. His innixus principiis, D.nus Rochon anno 1777 Micrometrum construxit e duplici prismate rectangulo crystalli Islandicae, quod tubo telescopii aptatum binas objecti longe dissiti imagines ita exhibet, ut hujus distantiam spectator dimetiri possit, ubi illius magnitudinem cognoscat, et viceversa (1).

661. Newtonus, ut hujus phaenomeni rationem redderet, opinatus est, inusitatam, seu extraordinariam hujus crystalli refractionem originem habere « ex vi aliqua attrahente, quae insit in certis » lateribus tum radiorum luminis, tum particularum crystalli»... ; quumque observasset, vim hanc esse diversam in diversis partibus molecularum lucis, idcirco eam comparavit cum vi magnetica, quae diversa est in duobus magnetis polis (2). Quidquid inde sit, nobis sufficiat phaenomena perpendisse.

662. *Lucis polarisatio.* Iam antea (659.) explicavimus peculiares proprietates, quibus gaudent radii lucis, ubi per duas portiones crystalli Islandicae pertranseunt. Porro D.nus Malus anno 1810 primus omnium detexit, lucem, quae a quibusdam substantiis sub quadam determinata inclinatione *reflectitur*, easdem omnino acquirere proprietates, quibus donatur, quando ope rhomboidis crystalli Islandicae *refringitur*. Si, v. g. radius solaris *ef* (Fig. 76 *bis.)* in vitrum levigatissimum *ab* nigro colore in parte postica obductum incidat sub angulo graduum 35°, 25′, ita per *fg* reflectetur, ut angulum reflexionis angulo incidentiae aequalem efficiat; hic autem radius reflexus *fg* si in alterum vitrum similiter dispositum ita excipiatur, ut ejus incidentia sit pariter graduum 35°, 25′, totus reflectetur per *gh*. His positis, si vitrum *cd*, servata semper eadem inclinatione ad radium verticalem *fg*, circa illum, tamquam circa suum axem vertatur, observabitur, radii reflexi *gh* intensitatem tunc esse maximam, quum duae reflexiones in eodem plano fiunt, sive quum alterum hoc reflexionis planum *cd* fuerit plano *ab* parallelum: si planum *cd* adhuc circa eumdem axem convertatur, lucis intensitas minuetur prout a positione parallela idem planum deflectet; si denique idem planum *cd* in sua conversione evadat plano *ab* perpendiculare, peragratis

(1) Vide Pouillet, Phys. Lib. VI. P. II. C. I. n. 446.
(2) Vide Nevvt. Opt. Luc. Lib. III. quaest. 29, pag. 337. edit. cit.

scilicet in hac conversione gradibus 90, lucis radius *fg* totus per vitrum *cd* refringetur, omnisque reflexio per *gh* cessabit. Si idem planum *cd* adhuc circumvertatur, in omnibus intermediis positionibus eadem phaenomena iterum obtinebunt, sed vice versa; in hoc scilicet quadrante radius lucis reflexus sensim eadem ratione crescet, qua in priori quadrante minuitur: ita ut peragratis aliis 90° gradibus, nempe in positione graduum 180°, lucis reflexae intensitas erit iterum maxima; et sic deinceps. In tota igitus conversione vitri *cd* adsunt duae positiones, in quibus radii reflexi intensitas est *maxima*, nempe in gradibus 0° et 180°, et duae aliae, in quibus eadem est *minima*, nempe in gradibus 90° et 270°. Patet itaque, *lucem, ubi sub quadam determinata obliquitate in corpora diaphana incidat, diversas edere proprietates*, nempe *vel totaliter*, *vel partim*, *vel nullatenus reflecti*, prout planum reflectens *cd* in diversis positionibus respectu plani *ab* constituatur.

663. Si radius solaris *ef* sub eodem angulo graduum 35°, 25′ a plano *ab* reflexus, normaliter excipiatur super rhomboidem crystalli Islandicae, cujus sectio principalis fuerit plano reflexionis *ab* parallela, ipsum trajiciet indivisus, et refringetur *refractione* tantum *ordinaria*; si crystallus, ut supra convertatur, lucis radius ita in *ordinarium* et *extraordinarium* bipartietur, ut prioris radii intensitas minuatur, posterioris vero augeatur prout angulus crescit, donec in positione perpendiculari (seu ubi crystalli sectio cum reflexionis plano *ab* angulum 90° efficit) radius ordinarius omnino extinguetur, radii autem extraordinarii intensitas evadet maxima. Lucis radius itaque sub angulo graduum 35°, 25′ reflexus iisdem gaudet proprietatibus, quibus pollent radii ordinarius et extraordinarius ubi duae crystalli Islandicae portiones altera super alteram imponantur, de quibus supra (659) loquuti sumus. Ex his omnibus experimentis patet, lucem a luminosis corporibus in suo statu naturali emissam, quamvis reflecti simul ac refringi quaquaversum possit, in aliquibus tamen circumstantiis ita esse comparatam, ut aeque reflecti vel refringi quaquaversum nequeat, sed modo reflecti omnino et minime refringi, modo refringi et minime reflecti.

664. Paucis abhinc annis haec phaenomena primitus innotuerunt D.no Malus, ut diximus (662.), qui quum immature diem obiisset supremum, hanc spartam praeclare exornandam felici successu susceperunt in Gallia D.ni Arago, Biot, Fresnel; in Anglia vero D.nus Brewster. Caeteris vero palmam rapuerunt D.ni Biot et Fresnel, qui suas laboriosissimas hac de re investigationes consignaverunt Biot quidem in sua Physica, et in Opere, cui titulus *Recherches sur le lumière*, Paris, 1814; Fresnel vero in Annalibus *de Physique*, *et de Chimie*, tom. 17. pag. 191—312.

665. Malus itaque in perpendendis his, aliisque lucis reflexae ef-

fectibus, quos brevitatis caussa reticemus, statuit, omnia haec phaenomena uonnisi a ratione, qua lucis particulae inter se disponuntur, et ab earum peculiari forma pendere. Quumque in Newtoniana *emissionum* theoria omnes lucis particulae duobus *polis* instructae concipiantur, qui contrariis proprietatibus gaudent; Malus docuit, hasce particulas relate ad earum polos irregulariter permixtas existere; sed ubi crystallum trajiciant, quasdam perpendiculariter dirigi, quasdam vero in directione, quae sectioni principali sit parallela; earumque polos oppositos in eamdem directionem vergi, ea ferme ratione, qua plures acus pyxidis uauticae actae a magnetica vi terrestri, omnes versus eamdem directionem inclinantur. Hinc vocabulum *polarisationis lucis* suam originem traxit. Observavit etiam Malus, omnes substantias, quae duplicem *refractionem* gignere possunt, posse etiam in lucem *polarisationem* inducere *per refractionem;* omnes vero substantias opacas, vel diaphanas eumdem effectum *per reflexionem* producere posse; angulum autem, sub quo radius directus se se prodere debet ut hic effectus locum habeat, diversum esse pro substantiarum diversitate; ex vitro in aere, ex. gr., hic angulus est graduum 35°, 25′; ex aqua in aere, est graduum 36°, 58′; etc. Opinatus est Malus, metalla hac proprietate carere; Brewster tamen, aliique Physici pluribus experimentis statuerunt, lucis polarisationem, etiam metallis laevigatissimis adhibitis, obtineri posse.

666. Porro in omnibus phaenomenis, quorum nuper mentionem fecimus, lucis particulae crystallum duplici refrangendi vi praeditam ingredientes, semper inter se eamdem servant relativam positionem, quam acquisiverunt. D.nus tamen Biot quosdam casus detexit, in quibus lucis particulae quin statim in ingressu crystalli in his positionibus disponantur, potius motu quodam alterno circa suum gravitatis centrum oscillent, donec sensim, et in variis crystalli profunditatibus suum occupent locum, prout vis attrahens, vel repellens minor fuerit. Haec phaenomena sub *polarisationis mobilis* nomine comprehendit, ut eamdem a *polarisatione* proprie dicta distingueret, quam *fixam* appellandam censet. His observationibus occasionem praebuit sequens D.ni Arago experimentum. Si crystalli Islandicae sectio principalis ita disponatur, ut reflexionis plano fuerit parallela, lucis radius per eam pertransit absque ulla deviatione, nullaque adest *extraordinaria imago.* Ubi vero rebus ita constitutis, subter crystalli rhomboidem exilissima micae lamella ponatur, tunc lucis radius bifariam dividetur, et duae imagines apparebunt pulcherrimis coloribus ab invicem distinctae; qui colores non pro lamellae crassitie solum, sed prout etiam hae disponuntur relate ad axes particularum lucis per ipsas transeuntis, sunt diversi.

667. Hoc phaenomenon perpendens D. Biot, invenit duas tantum

adesse positiones, in quibus radius lucis laminam crystalli unius axis pertransiens, cujus facies oppositae fuerint ad invicem parallelae, polarisationem jam antea receptam servat, primam nempe quum sectio principalis hujus crystalli sit parallela plano polarisationis ejusdem radii; tunc autem radius totam laminam pertransit in *statu ordinario*: secundam quum haec eadem sectio sit eidem plano perpendicularis; tunc vero radius laminam trajicit in *statu extraordinario*; ita ut si ambo haec experimenta in eadem lamina capiantur, in qua duae sectiones fiant juxta has duas directiones, harum alterutra erit sectio principalis, in qua duplicis refractionis axis continetur. Limites hujus Institutionis transgrederemur, si omnia, quae hac super re nuperrime D. Fresnel detexit, et firmissimis tum experimentis, tum demonstrationibus analyticis roboravit, hic referre vellemus. Consulatur itaque Pouillet in toto Cap. 2.°, et 3.° secundae Partis Libri VI.

668. *Lucis diffractio*. Altera lucis proprietas est *diffractio* sive *inflexio*, quo nomine intelligitur illa incurvatio, ac detorsio, quam lux patitur ubi prope opaca corpora, vel tenus eorum acies pertransit. Hanc lucis proprietatem primus observavit P. Franciscus M.ª Grimaldi Bononiensis Soc. Jesu; deinde Physici omnes celebriores, imprimisque Newtonus, ac nostris diebus Th. Young, et Fresnellius; qui ultimi duo nuperrime demonstrarunt, etsi diversa via, paradoxum illud a Grimaldo prius enunciatum: *lucem luci adjunctam*, in quibusdam circumstantiis, *tenebras gignere*. Ut hoc phaenomenon observari possit, radius solaris in cubiculum tenebricosum intromissus per foramen perexiguum, cujus diameter $\frac{1}{10}$ pollicis non excedat, excipitur in aliquot pedum distantia super lignea tabella, in qua scissura duabus aciebus chalybeis terminata existat. Radius per hanc transibit; sed si ita transiens in distantia 5, aut 6 pedum denuo excipiatur super chartae plagula, imago radii admissi in ea sistetur, sed ad hujus utrumque latus apparebit adjunctum adhuc lumen debile, in variis fimbriis coloratis dispertitum. Quod si huic lucis radio in cameram obscuram per exiguum foramen sic intranti opponatur capillus hominis, filum sericum, aut metallicum, aut quodcumque exilissimum corpus, apparebit in opposita charta umbram horum corporum latiorem esse, quam deberet utique esse, si radii in rectis lineis prope corporum istorum extrema transirent, itemque umbrae istae ternis inter se parallelis luminis colorati limbis, fasciolis, sive ordinibus fimbriatae videntur, quae alternatim sunt clarae et obscurae; quarum illae dicuntur fimbriae *internae*, istae vero *externae*. In quatuor tantum casibus hae fimbriae locum habere possunt; 1,° ubi lux pertransit per extrema alicujus corporis; 2.° ubi a corpore ali-

quo exili partim intercipitur; 3.° ubi per foramen angustum pertransit; 4.° denique ubi reflectitur ab extrema aliqua superficie perpolita. Hae fimbriae symmetrice disponuntur ex utraque parte obstaculi, qui diffractionem producit; curvarumque hyperbolicarum formam affectant, ut constat ex accuratissimis observationibus D.ni Fresnellii, qui eorum etiam latitudinem dimensus est. Quod si, loco radii solaris, radius coloratus spectri prismatici per foramen in obscuram cameram intromittatur, eique similiter corpus aliquod exilissimum opponatur, fimbriae observabuntur quidem, sed erunt unius ejusdemque coloris radii incidentis, et ita dispositae, ut a nigris fimbriis ab invicem separentur.

669. Ad haec revocari possunt omnia experimenta de diffractione lucis, et de fimbriis coloratis hucusque instituta, quae apud Pouilletum legi possunt in toto Capite ultimo Partis I. Libri sexti. Newtonus utrumque phaenomenum explicabat per amicam suam attractionis vim; alii vero per quamdam atmosphaeram corpora quaecumque circumdantem, qua fit ut haec lucis inflexio nihil aliud sit nisi vera refractio facta ab hac atmosphaera corporis, juxta quod radius pertransit. Hodie tamen omnes conveniunt, eorum caussam residere in peculiari quodam actionis modo, quem radii lucis inter se invicem exercent, cui D. Young *interferentiae* nomen indidit. Principium generale hujus interferentiae in hoc situm est, quod duo lucis homogeneae fasciculi ab eodem luminoso corpore emissi, sibi invicem sub exigua obliquitate occurrentes, suum splendorem copulant, augentque, ubi spatia aliquot confecerunt, quorum differentia antequam sibi invicem occurrant, fuerit $= o$, d, $2d$, $3d$, $4d$, etc; seu, quod idem valet, ubi haec differentia fuerit aequalis vel o, vel $\frac{2d}{2}$, $\frac{4d}{2}$, $\frac{6d}{2}$, etc.; id est vel nulla, vel aequalis numero pari dimidiae alicujus longitudinis minimae d; e contrario iidem duo fasciculi luminosi obscuritatem gignunt, lucemque destruunt, ubi differentia spatiorum, quae confecerint aequalis fuerit $\frac{d}{2}$, $\frac{3d}{2}$, $\frac{5d}{2}$, etc., id est numero impari dimidiae hujus ejusdem longitudinis, quorum valores minimus, et maximus sunt 0, 000203, et 0, 000322 millimetri; quaeque in violaceo, et rubro extremo locum habent (1).

670. In hoc *interferentiae* systemate facilius, ac commodius explicantur annulorum coloratorum phaenomena, de quibus supra (647) loquuti sumus; ruitque propterea Newtoniana hypothesis *alternarum vicium facilioris reflexionis atque transmissus*. Quaedam peculiaria phaenomena a Frahuenhofer detecta, quae occurrunt

(1) Vide Pouillet, Phys. loc. cit. n. 420.

ubi lux solaris per foramen in cameram obscuram introducta excipiatur super alicujus perspicilli lente objectiva jam antea reticula quadam obducta ; omnes apparentiae mirabiles, quae in foco telescopiorum efformantur, quum, posito prius ante eorum lentem objectivam aliquo diaphragmate, ad stellas observandas adhibentur ; ipsarum denique stellarum scintillatio, pro maxima parte, non alicui aliae caussae tribuenda sunt (1).

CAPUT SEXTUM

DE VISIONE, AC DE OPTICIS INSTRUMENTIS ILLAM ADJUVANTIBUS.

671. Quum Visionis phaenomena accurate intelligi nequeant, nisi Visus organi, nempe Oculi fabricatio perspecta habeatur ; brevem hujus totius corporis animalis longe nobilissimi Instrumenti descriptionem praemittimus. Deus itaque duobus oculis hominem instruxit in facie, mediaque capitis altitudine positis, ut cerebro essent viciniores: eorum quilibet in ossea specu intra cranii ossa excavata jacet, quae *orbita* dicitur, in qua tutus est ab injuriis a quocumque latere vel parte postica inferendis: externe vero defenditur a duabus *palpebris*, inferiore, et superiore, utraque ita mobili, ut citissime aperiri et claudi possint; ad earumque marginem extremum et externum adsunt duae series pilorum, qui vocantur *cilia*, recta fere extrinsecus extantia, in palpebra superiori incurvata sursum, deorsum in inferiori, ne lucis introitum impediant, et ad externas pulveres, sordes, atque animalcula avertendas destinata. *Oculus* ipse figuram habet ad sphaericam fere accedentem, esseque sphaera satis exacta in homine adulto, diametri $11\frac{1}{3}$ lin., nisi antrorsum tunica quaedam pellucida protuberaret, et retrorsum aliquantulum nervo optico adhaereret.

672. Jam globus iste tunicati cepis instar, tribus circumdatur involucris, quae *tunicae* vocantur (Fig. 77.). Prior et exterior tunica totum oculum ambiens, ea est, quae in figura designatur litteris $bb'b''b'''$, quaeque *Sclerotica* (2) nominatur, eo quod oculum solidet, ac firmum reddat. Ejus pars anterior aa' vocatur *cornea*, quia instar lamellae corneae pellucida est, ut radiis aditum permittat, dura, et protuberans extra bulbum oculi in similitudinem vitri, quo horologia portatilia conteguntur : pars vero posterior bb', $b''b'''$ *cornea opaca* dicitur ; firmissima est, albicans, et crassissima

(1) Vide Pouillet Phys. loc. cit. n. 431 et seq; et Matteucci Fisica, Lez. XCV. et XCVI.

(2) A σκλήρος, *durus*.

ex parte postica, at antrorsum decurrens fit tenuior, adeo ut tenuissima evadat ubi cornea incipit. Sub sclerotica jacet altera tunica, quae *choröeidis* (1) nomine donatur; cujus interior superficies nigrum continet pigmentum, quod quo nigrius est, eo perspicaciorem, caeteris paribus, efficit *oculum*. Ubi *choröeides* ad corneae originem pervenit, adest *orbiculus ciliaris aa'*, a quo distenditur quasi diaphragma in medio pertusum, corneae ipsius plano parallelum: medium illud foramen *pupilla* dicitur. Duabus ex membranulis diaphragma illud coalescit; earum anterior striis diversimode coloratis referta, *Iris* dicta fuit a varietate colorum, quos exhibet; posterior autem nigrae uvae cortici persimilis *Uveae* nomen obtinuit. Pupilla hoc gaudet motu, ut in vivido lumine contrahatur, ne radiorum copia oculum laedat; in debili vero dilatetur, ut plures admittat radios: in hominibus fere est rotunda; in felibus instar rimulae oblongae, eo quod in visione multi luminis copia non egeant. Tertium involucrum, seu tunica infra choröeidem posita, vocatur *retina*, quia ex subtilissimis nervulis, fibrillis, et venis ad *retis* formam est contexta; ex medulla cerebri procedit, estque medullaris substantiae *nervi optici expansio*.

673. Quot sunt tunicae, totidem etiam in oculo humores existunt, *aquosus* nempe, *crystallinus*, et *vitreus*. *Humor aquosus* occupat quidquid spatii interjacet corneam inter atque iridem, quod *camera anterior* nuncupatur; ideo autem humor iste *aquosus* fuit dictus, quia eamdem, ac aqua, vim refringendi habet, et instar aquae, fluidus, tenuis, ac limpidus est, ejusque gravitas specifica est fere 0,965. Reliquum spatium ab iride ad retinam usque appellatur *camera posterior*, quae pupillae proximum habet *humorem crystallinum*, lenticulae utrinque convexae consimilem, cujus pars posterior est magis, quam anterior convexa; hic humor est admodum pellucidus, et paullo densior aqua, ideoque lucis radios magis refringit. Ejus margini inseruntur *processus ciliares* radiatim dispositi, quibus ita suspenditur, ut ejus axis per pupillae centrum transeat. Quod hujus camerae posterioris a lente crystallina ad retinam usque superest, illud impletur *humore vitreo*, qui est valde pellucidus, humore aqueo magis concretus, et vitro fuso persimilis, unde *vitrei* nomen accepit. Involvitur tenui pellicula, quam *hyaloidem* (2) vocant Anatomici; estque ea quantitate, ut duos alios humores sexies ac vicesies excedat. Hae singulae partes optime repraesentantur per *oculos artificiales*, quales ex ebore construi solent: ad vivum autem conspici possunt, si quis oculum bovinum adhuc capiti insertum congelare faciat, deinde illum extrahat, et sic congelatum,

(1) A χόρος, *niger*.

(2) Ab ὕαλος, vitrum.

plano per mediam pupillam transeunte, bisecat, atque ita omnes ejus partes examinet (1).

674. Ex brevi hac oculi descriptione patet, oculum tamquam lentem achromaticam, ex humoribus aquoso, crystallino, et vitreo compositam spectari posse; et oculum ipsum cum *camera obscura* comparari, in quam per exiguum foramen lente convexa munitum radius lucis ingrediens, omnium objectorum e foraminis regione positorum imagines in linteo aliquo ad certam distantiam ipsi foramini opposito suis nativis coloribus depingit; nisi quod in camera obsura spectator pone linteum se sistere debet, ut dictas imagines conspiciat; retina vero per seipsam rerum imagines excipit, et nervi optici ministerio has sensationes ad cerebrum, ubi est sensorium commune, transmittit.

675. His praemissis, en quomodo perficiatur *Visio*. Generale visionis principium est, corpora, ut visibilia esse possint, lucem irregulariter reflectere debere; si enim illam regulariter reflecterent, minime viderentur, sed solummodo corporis illa illuminantis imaginem nobis praeberent (563). Quare, radii lucis a puncto aliquo radiante, vel a corpore illuminato emissi, conum opticum efficiunt, et per pupillae foramen ingrediuntur oculum, ubi triplicem subeunt refractionem, nimirum primam in humore aquoso, secundam in crystallino, tertiam demum in humore vitreo: hinc fit ut ad se invicem magis ac magis accedant, atque in exiguum spatium coacti, simulque conjuncti, cum axe optico congruentes, in unum punctum in retina adamussim conveniant, ibique corporis imaginem depingant: ita fit, ut puncto exterius radianti punctum in retina illuminatum respondeat. Sit namque objectum LL′ (Fig. 78.) oculo oppositum: radii ex alterutro hujus puncto extremo L, et L′ incidentes in corneam, dum transeunt per humorem aqueum aere densiorem, refringuntur; deinde ex hoc in humore crystallino, qui densior est humore aquoso, magis refringuntur; tertiam vero refractionem patiuntur ex crystallino in vitreum minus densum permeantes. Porro fasciculi radiorum ex punctis extremis objecti LL′ in oculum immissi, ita in oculi humoribus refringuntur, ut radii provenientes ex L colligantur in retinae puncto *m*, et radii ex L′ proficiscentes in punctum *m′* coeant; hinc claram quidem, ac distinctam pingent ejusdem objecti imaginem, sed *inversam*, ob radiorum sibi invicem occurrentium decussationem. Hanc imaginis in retina inversionem vel facile experiri quisque potest, si angusto foramini, per quod lucis radius in cameram obscuram immittitur, ita exponat oculum bovinum, vel vervecinum e parte po-

(1) Notandum quod oculus postquam fuerit bisectus, in aquam tepidam immitti debet, ut a glacie solvatur.

steriori sectum, ac sclerotica denudatum, ut pars ipsius anterior foras spectet; hic profecto, si naturalem oculi formam nimia pressione non mutaverit, conspiciet in ipsius fundo depictas ordine inverso externorum objectorum imagines, ex quibus lux procedit.

676. At si objecti imago in retina inverse pingitur, unde fit, ut objectum ipsum non inversum, sed erectum, et eo, quem extra oculum habet, ordine et situ nobis fiat conspicuum? Id nonnisi ex eo consequitur, quod natura duce objecta referimus ad radiorum extremam partem juxta rectas lineas, per quas radii ad pupillam perveniunt, et ad retinam usque transmittuntur; hinc consequitur ex naturae lege, ut quamvis corporis alicujus pars inferior in retinae parte superiori pingatur, pars vero superior in retinae parte inferiori; nihilominus ipsum corpus non inversum, sed in situ suo naturali ac erecto videri debeat. Evenit in hoc casu id quod alicui coeco accideret, qui brachiis cancellatis duo objecta tangeret: hic profecto dextrorsum positum esse judicaret objectum, quod manu sinistra tangeret, sinistrorsum vero objectum, quod tangeret dextera manu. Praeterea, haec quaestio prorsus inutilis evasit, postquam hodie Metaphysici omnes tamquam principium indubium admittunt, nos in objectorum visibilium perceptione non ipsorum imagines, sed objecta ipsa immediate intueri.

677. Illud potius aliquid habet difficultatis: qui fieri possit, ut objecta in diversis distantiis posita distincte intueri valeamus? Objecta enim in locis dissitis constituta radios parum divaricantes in pupillam immittunt; objecta vero viciniora radios multum divergentes projiciunt; ex quo fit ut radii ab illis objectis emissi citius post crystallinum humorem coire, radii vero ab his ejaculati tardius uniri debeant; adeoque quum objectorum imagines in utroque casu in uno puncto super retinam minime pingantur, non clara et distincta, sed confusa objectorum perceptio in nobis oriri debet: undenam autem contrarium evenit? Ut huic difficultati fieret satis, variae a doctis viris excogitatae sunt hypotheses: quidam docuerunt, oculum formam mutare in perspiciendis objectis dissitis: alii pupillam in his dissitis objectis intuendis dilatari, ut amplior radiorum fasciculus ipsam subeat: alii denique opinati sunt, crystallinam lentem per processus ciliares ad retinam adduci, et planiorem fieri ubi dissita objecta intueatur, ita ut minor evadat ipsius vis refractiva, ex qua fit ut radii citius colligendi exacte in retina colligantur; contrarium autem evenire in objectis vicinioribus conspiciendis: omnes tamen has hypotheses ingeniosas magis, quam veras inveniet quisquis observabit, scleroticam ob suam duritiem non ita facile formam posse mutare; praeterea, processus ciliares, quum non sint musculosi, ad lentem crystallinam multipliciter movendam minime aptos esse. Quare respondendum

potius censemus cum Pouilletto, lentem crystallinam ex variis stratis concentricis inaequalis curvaturae et crassitudinis ita esse compositam, ut strata prope centrum posita majori vi refractiva donentur, quam illa quae versus extremum sunt constituta; ex quo fit ut haec lens non unum, sed multos habeat focos. Quumque objecta remotiora radios fere parallelos emittant, viciniora vero eosdem multum divergentes projiciant; ex diversa stratorum lentis crystallinae curvatura fit, ut tam illi, quam isti radii semper super retinam coeant, ibique distinctas objectorum imagines pingant (1). Sunt etiam qui putant, conos lucidos non super retinam vel choroëidem, sed in totum humorem vitreum coire, ibique in diversis distantiis objectorum imagines pingere. Retina enim, quae ad cerebrum imagines defert, juxta horum Physicorum mentem, in exilissimas fibrillas plus minusve longas terminatur, quae per totam humoris vitrei substantiam distenduntur. In hac hypothesi, radii ab objectis remotioribus aeque ac vicinioribus emissi semper in unam ex his retinae fibrillis occurrunt, quamvis citius vel tardius coeant, adeoque verum etiam erit, rerum vel dissitarum imagines per retinam ad cerebrum deferri.

678. Ut autem oculus bene a natura conformatus clare, et distincte objecta intueri possit, 1° objectum ab eo ad minus *octo pollices* remotum esse debet. Si propius collocetur, nonnisi confusa ejusdem imago in oculo pingitur; radii enim ab objecto viciniori devenientes, quum multum inter se divergant, aequo citius conveniunt, et postquam fuerint decussati, ad diversa appellunt retinae puncta, unde debilis et confusa objecti imago oritur. Ad claram et distinctam visionem plurimum etiam confert 2° *lucis copia*; quo plures enim radii ex objecto deveniunt, plures puncti luminosi imaguncułae in retina pinguntur; hujusmodi tamen lucis copia nec nimis magna, nec nimis modica esse debet; utrumque enim visionis claritati aeque officit: hinc provido naturae artificio ejusmodi est oculi pupilla, ut ea in tenui lumine dilatetur, quo major radiorum copia suscipiatur; coarctetur vero in vehementi lumine, quo radii repellantur, unde visio perturbaretur: 3°. *pupillae capacitas*; quo enim latior est, eo plures ad retinam transmittit radios ab objectis emissos: 4°. *idonea nervi optici constitutio*, et fibrarum retinae *major tensio*; quia tunc facilius commovetur retina, suosque motus ad cerebrum usque validius transmittit, ac proinde clarior esse debet visio (2).

(1) Vide Pouillet, loc. cit, n. 401.

(2) Notandum est, visionis vim in diversis hominibus esse diversam. Generatim, homines sylvestres acutissima visione praediti sunt, tum quia frequentius oculos longe intendunt, ut a longe praedam ac inimicos inspiciant; tum quia eorum organa validius conformata sunt, ac roborantur, ob vitae, quam agunt, rationem: quin immo

679. Quaeri etiam solet cur duobus oculis praediti, adeoque duobus ejusdem objecti imaginibus in gemino oculo depictis affecti, objectum tamen non videamus geminatum, sed unicum? Mirum est quot in diversas sententias abierint Physici, ut huic interrogationi congruum darent responsum. Probabilior sententia ea est, quae statuit, nos unicum intueri objectum ex eo quod objectorum imagines incidant in plana utriusque retinae sibi mutuo respondentia: ita enim evenit, ut alterutra impressio in ambabus retinis uniformiter, eodemque momento fiat, adeoque nonnisi unam impressionem producat, ex qua unica habetur sensatio; non secus ac unius soni sensus est cum duabus auribus, unus odor duabus cum naribus, et corpus duabus manibus contrectatum menti unicum exhibetur, quamvis omnibus simul digitis illud exploretur. Id autem adeo verum est, quod si alteruter oculus digito leviter comprimatur, vel attollatur, vel ad latera inclinetur, quum in omnibus his casibus imagines in retinis depictae in duobus planis sibi mutuo respondentibus non existant, objectum apparebit geminatum. Id videre est etiam in ebriis, et dementibus furiosis: hi enim quando in eo ebrietatis, et furoris statu sunt, ut oculos amplius dirigere nequeant, objecta vident geminata, *numerusque accedit lucernis*, ut ait Horatius (1).

680. Infinitum me esse oporteret, si singula visionis phaenomena explicare vellem. Quaedam tamen jucundiora hic breviter subjiciam, ex quorum intellectu plurimis occurritur obviis difficultatibus. Et primo quidem sciendum est, nos ita a natura comparatos esse, ut de rerum distantiis non ex solo earum visu judicium feramus; sed longo usu, diuturnaque experientia iisdem aestimandis assuescimus, praesertim extensionem visibilem cum tangibili comparantes. Coeci namque a nativitate, qui a *cataracta* (2) curantur, de corporum distantia multis diebus post receptam visionem judicare nesciunt, quinimo et illa veluti suo corpori contigua esse censent; at pedetentim visibilem extensionem cum tangibili comparantes, discunt de ea distantia judicium ferre. Idem

inter ipsos populos vitae cultu florentes rustici meliori visus sensu pollent, quam homines in civitatibus degentes. Ad visionis distinctae distantiam pro diversis oculis dimetiendam, paucis abhinc annis quoddam instrumentum Optici excogitarunt, cui *Optimetri* nomen indiderunt, ab ὀπτομαι, video, et μετρον, mensura. Ab ejus descriptione hic abstinemus, quia in Opticorum officinis passim invenitur, ut presbytae vel myopes suae visionis gradum accurate dimetiri valeant, eaque ratione lentibus aptioribus suos oculos armare.

(1) Satirar. Lib. II. Sat. 1ª. v. 25.

(2) Oculorum morbus, in quo lens crystallina evadit opaca, *cataractae* nomen habet. Variis modis visus reddi potest hominibus cataracta laborantibus: ut plurimum in cornea aperitur quaedam rimula, per quam acus ope lens crystallina vel extrahitur, vel in humorem vitreum immergitur: hoc posteriori modo lens immersa statim ab humore aquoso dissolvitur, atque ideo evanescit. Visio tamen in iis non est aeque clara, ac in hominibus, qui oculis valent.

*

esto de quolibet homine judicium. Rerum notiones, quas longa ac continuata habitudine acquisivimus, magnam vim habent in nostris judiciis de corporum distantia, vel magnitudine. Hinc corpora eo judicamus remotiora, quo confusius; eo viciniora, quo distinctius perspiciuntur (552). Quare ignes noctu viciniores quam interdiu apparent, ob clariorem, quam excitant in tenebris sensationem; aedium parietes dealbatae, agri et montes nive tecti propiores videntur, ob eamdem rationem; corpora autem opaca, ut arbores, aedes, remotiora judicantur. Hoc artificio utuntur pictores, ut in eodem plano objecta alia aliis remotiora exhibeant; illa siquidem dilutioribus, et obscurioribus pigmentis vestiunt.

681. Rursus corpora eo magis a nobis dissita judicamus, quo plura inter ipsa atque oculos interjacent visibilia corpora, quae determinatum situm occupare novimus; minus dissita apparent, si nulla corpora media sint inter illa, ac nostros oculos: ex intermediis enim corporibus quasi metimur distantiam, quae inter objecta, et nostros oculos intercedit; e contrario nullis mediis corporibus existentibus idem judicium ferre non possumus. Hac de caussa 1.° Luna, planetae, sideraque omnia in eadem concava coeli superficie collocata esse videntur; nulla enim inter illa, nostrosque oculos interjacent visibilia corpora: 2.° horizon nobis apparet coelo contiguus: 3.° turres, domus, arbores videntur montem, aut collem contingere quando non conspiciuntur valles interpositae. Ex eadem omnino caussa evenit ut viatores, qui per mare iter facere nondum consueverunt, parum distare putent insulam, vel littus, quae tamen pluribus milliariis distant: spatium enim inter eos, et insulam, vel littus interjectum quum sit plaga uniformis, nihil videt oculus, quo possit illud in partes distinctas dividere, easque numerare. Idem fere evenit erga civitates, eminentias, aliaque corpora, quae cernimus in extrema planitie longissima, quam nec arbores, nec aedes, nec aliud quoddam notabile objectum interrumpit.

682. Corpora denique, quo magis a nobis distant, eo minora apparent; si vero haec distantia fuerit ingens, illa ab oculis evanescunt. Nam apparens rei magnitudo mensuratur ab angulo optico, quem efficiunt in pupillae centro duo coni lucidi a duobus objecti extremis prodeuntes (553): atqui eo minor est angulus opticus, quo remotius est objectum (ib.). Plurimis captis experimentis, statutum fuit, objectum probe illuminatum nudis oculis non amplius videri, ubi positum sit in ea distantia, quae 5156es. ipsius diametrum excedat. Duo radii igitur ex extremis objecti punctis emissi cum ipsa objecti diametro triangulum isoscele efficiunt, cujus basis est $= 1$, et altitudo $= 5156$; trigonometriae autem subsidio, angulus opticus invenitur esse $= \frac{1}{3} 30'', 20'''$. Patet pro-

inde ratio, propter quam longa spatia parallela apparent convergentia : distantiae enim parallelarum, reipsa ubique aequales AB, ED (Fig. 79.), oculo in O apparent sub magnitudinibus apparentibus AOB, EOD, quarum haec minor fit, quo longius parallelae producuntur ; remotiores ergo distantiae apparent oculo minores, adeoque parallelae convergere videntur. Et si longitudo parallelarum sit tanta, ut angulus DOE non sit major 1'', abibit DE in punctum, et parallelae videbuntur plane coire ob ingentem longitudinem. Inde fit 1.° ut porticum, et ambulacrorum latitudo eminus spectata iis coarctata apparet, qui inter eorum latera parallela sunt constituti; 2.° ut porticum egredientes, depressior hic in altera parte extrema videatur; 3.° ut spicae agrorum longius remotae densiores appareant positae, quam viciniores. Discimus hinc in viridariis ambulacra constituere, quae longiora, quam reipsa sunt, et parallela spectatori appareant (1) : id obtinebimus si arbores ita plantabimus, ut sensim altitudine decrescant, et rectarum loco adhibeantur duo arcus hyperbolici similes, et aequales, sed divergentes.

683. Ex eodem principio fluit, planitiem ABCD (Fig. 80.), oculo altius in O posito, in parte remotiori elatiorem apparere, donec in eadem cum oculo altitudine partes remotissimae constitutae videantur. Nam radius DO eodem modo oculum afficit, ac si ex E veniret, quia oculus judicare non potest distantiam OD longiorem esse, quam OC (553). Quum ergo D videatur in E, C in F, B in G, atque hoc in singulis reliquis punctis accidat; patet superficiem planam videri tamquam incurvam AGFE, et versus extrema altiorem. Id contingit in littore stantibus, quibus maris superficies in extremis videtur elevata, quamvis revera sit horizontalis. Hanc ob rationem mare vocari solet *altum*. Eadem de caussa majorum altitudinum, veluti turrium excelsarum partes superiores antrorsum inclinatae debent videri, praesertim si spectator haud procul a turre sit constitutus.

684. Ubi objecta a nobis plurimum dissita intuemur, de eorum mutuis distantiis judicium ferre nequimus: hinc spectator in plano lineae longissimae, et remotissimae positus, eam videt tamquam arcum circuli, in cujus centro ipse sit constitutus : quum enim radiorum ab oculis ad singula hujus lineae puncta ductorum inaequalitatem, utpote exiguam, cognoscere, et aestimare non possit, omnes radii videntur aequales ; adeoque objecta in variis hujus lineae punctis existentia, ipsi apparere debent in circuli periphaeria

(1) In viridario, quod Romani Principis Spadae Palatio est adnexum, adest ambulacrum ab Architecto Borromino pluribus columnis sensim decrescentibus, et ad invicem ita appropinquantibus constructum, ut longius, quam reipsa est, appareat, et spectantium oculis illudat.

posita, cujus ipse centrum occupat. Intelligitur idcirco 1.° cur homo, qui in planitie vastissima versatur, in circuli centro positum se existimet, quamvis progredi non desinat, et quum semper in centro se videat, in eodem loco semper se consistere putet: 2.° cur figurae multilaterae, adeoque turres quadratae vel poligonae e longinquo inspectae appareant rotundae: 3.° cur sphaerae e longinquo visae instar circuli appareant; ideoque Sol, et Luna non videantur, nisi tanquam superficies planae, et rotundae.

685. Objecta tum nobis videntur quiescere, quum eorum imagines eamdem semper occupant retinae partem; videntur autem moveri, quando ipsorum imagines in retina moventur. Hinc corporum motum percipimus vel quia quiescente oculo corpora revera moventur, adeoque imago in retina situm mutat; vel quia oculus respectu objecti immoti mutat situm. Intelligitur idcirco 1.°, cur qui navi vehuntur, tranquillo mari, litora, urbes, ac turres ad se accedere, vel a se recedere videant, quemadmodum cecinit Virgilius (1):

Provehimur portu, terraeque, urbesque recedunt.

2.° cur Solem circa Tellurem revolvi conspiciamus, quamvis ipsa sit Tellus, quae circa Solem moveatur; quod phaenomenon idem erit pro planetarum incolis, si qui in iis degunt. Quod si spatium a corpore percursum sub sensibili angulo optico non videatur, tunc ejus corporis motus non percipitur, ut in horologii indice (553) ob motus tarditatem, et in coelestibus corporibus ob immensam eorum distantiam evenire deprehendimus.

686. At undenam fit, ut objecta celerrime agitata totum simul spatium, per quod feruntur, occupare videntur, ut contingit tam in citharae fidibus vehementius pulsatis, quarum vibrationes totum simul, per quod se se extendunt, spatium implent; quam in titione accenso in orbem velociter circumacto, quem igneum describere circulum judicamus, in singulisque peripheriae punctis simul existere? Id nonnisi ex eo oritur, quod vibratio, quam radii lucis in retina excitant singulis momentis, quo titio accensus orbem describere incipit, non fit in instanti, sed aliquandiu perdurat, donec circulum fere integrum absolverit titio accensus. Id adeo verum est, ut si titionem lente circumagamus, igneum circulum minime percipiemus: tunc enim impressio, quae successive a titione fit in oculos, dissipatur antequam ille in singula orbis puncta redeat. At ubi illius motus fuerit celerrimus, ita ut in singula orbis puncta redeat antequam lucis effectus deleatur, tunc lucis impressio perdurat, et circulus luminosus videtur. Haec impres-

(1) Aeneid. L. III. v. 72.

sionis duratio, ut ex observationibus constat, aequalis est $\frac{1}{10}$ minuti secundi.

687. Hic etiam quaeri potest, cur Astra, veluti Sol, Luna, etc., quum supra horizontem ascendere incipiut, longe majoris magnitudinis videantur, quam ubi meridianum attigerunt? Plurium sane Physicorum ingenia id torsit phaenomenon; multi multa dixere. Nobis ea opinio arridet, quae illius caussam in atmosphaerae refractione refundit, quidquid in contrarium a quibusdam Physicis sentiatur. Et sane, Sol in medio Coelo constitutus suos emittit radios, qui quum aerem ad perpendiculum subeant, nullamque proinde patiantur refractionem, nullam in ipsius imaginem mutationem indncunt. E contrario ubi prope horizontem est positus, radii ab eo profecti obliqui in atmosphaeram iucidunt, quae diversos continet vapores: illi igitur radii quum crebris refactionibus sint obnoxii, quae angulum opticum amplificant, efficiunt ut Sol exoriens vel occiduus major nobis appareat, quam ubi medium Coeli cardinem tenet. Aliae innumerae ejusdem argumenti quaestiones proponi hic possent, sed eas brevitatis caussa reticemus, praecipue quum omnia ex iis, quae de visionis ratione diximus, nullo negotio explicari possint. Plura videri possunt apud Wolfium in *Elem. Mathes.* (1), et in Muschembroek *Essais de Physique* (2).

688. Quoniam de oculi structura, de ratione, qua visio perficitur, et de phaenomenis ab ea pendentibus loquuti sumus; dicamus modo de oculorum praecipuis vitiis; de artificio, quo iis mederi possumus; ac demum de opticis praecipuis instrumentis, quae vel visum adjuvant, vel ad jucunditatem et oblectamentum inserviunt. Et 1.° quidem tria sunt praecipua oculorum vitia, *Strabismus* nempe, *Myopia*, et *Presbyopia*. *Strabones* (3) dicuntur ii, qui oculis distortis, et sursum, vel ad latus deflexis, objecta intuentur. Hujus vitii plures assignatur caussae, inter quas illa probabilior videtur, quae in musculis oculos moventibus eam refuudit. Ubi enim unus aut alter horum musculorum fuerit justo vel longior, vel brevior, fit ut hic inflatus nimium trahat, alter plus aequo remittat, et ita sublata harmonia inter duos axes opticos, illos ad unum punctum convertere nequeant strabones, nisi alio eosdem deflectant. Huic caussae tribuendum praecipue hoc vitium patet ex eo, quod ars Cerusica hodie strabones curare valet. Dieffenbach Berolinensis, secando quosdam oculorum musculos, eosdem sanitati restituit, ut habetur in Actis Academiae Parisiensis anni 1840, die 3 Febru-

(1) Tom. III. Opt. cap. 5, 6, 7.
(2) Cap. 33.
(3) A στράβος, qui oculos habet distortos.

arii. Etsi vero hoc vitium a natura aliquando esse possit, inficiandum non est, illud maxima in parte esse adscitum, et primitus in infantia contractum; in illa enim aetate, quando mollities et teneritas horum musculorum est maxima, fieri potest ut objectum aliquod summe splendens intuentes, quidam musculi (praesertim quum rationis imperium nondum plane audiant) cedentes distendantur; antagonistae autem ita contrahantur, ut deinceps in pristinum statum difficulter restituantur. Hinc strabonibus proderit, si diutius oculorum axes recta versus objectum, quod contemplantur, dirigant. *Myopes* (1) dicuntur qui objecta cominus posita clare vident, confuse vero ea, quae eminus sunt constituta. *Presbytae* (2) e contrario sunt ii, qui objecta remota clare vident, propinqua vero confuse intuentur; eoque vitio senes plerumque laborare solent.

689. In *myopia* laborantibus vel cornea plus aequo est protuberans, vel lens crystallina admodum convexa; saepius etiam pupilla est latior, ac retina sensibilior, unde a nimia luce molestiam illi experiuntur, et in debili luce melius vident. Porro ipsorum oculi ex hac majori vel corneae, vel lentis crystallinae convexitate quum majori vi refractiva gaudeant, fit, ut radii lucis profecti ab objecto in justa distantia collocato (688) ita refringantur, ut aequo citius conveniant, ac postquam fuerint decussati, ad diversa appellant retinae puncta, unde debilis et confusa visio enascitur. Hinc myopes, ut huic vitio occurrant, objecta, ubi id fieri possit, oculis admovent, quo radii ab iis profecti magis divergentes evadant, et in retina exacte uniantur; unde nascitur visio clara et distincta (3). Ubi autem objecta oculis admovere nequeant, palpebras demittunt, earumque aperturam stringunt, quo minor lucidorum radiorum copia oculos subeat. Generatim huic oculorum incommodo medetur concavis lentibus, quae radios *ab, ab'* (Fig. 81.) magis divergentes reddunt priusquam ad oculum perveniant, eosque satis ab invicem sejungunt, ut post refractionem, quam in oculo subeunt, colligantur in punctum *o* supra retinam, ibique claram distinctamque objecti imaginem depingant.

690. Omnino contraria est corneae, et crystallinae lentis constitutio in *Presbytis*: ii enim vel corneam habent valde planam, vel crystallinam lentem non satis convexam, quare et contraria omnia eveniunt phaenomena: radii nimirum ex objecto remotissimo profecti, sunt parum divergentes; lens vero crystallina quum non satis sit convexa, eos radios debiliter tantum refringit, efficitque ut su-

(1) A μυωπαζω, sum lusciosus.

(2) A πρεσβύς, senex.

(3) Ob eamdem rationem etiam qui oculis valent, in lucis copia minore scriptulam oculo propius admovent; hinc si quis quotidie ad lucem creperam, aut canderam non probe emunctam litteras minutas diu legat, facile myopiae vitium contrahit.

pra retinam exacte colligantur : hinc Presbytae objecta remotiora clare et distincte cernunt. Econtrario radii ex objecto viciniore proficiscentes quum multum sint divergentes, presbytarum lens crystallina, utpote non satis convexa, illos radios remissius inflectit: unde fit, ut nonnisi ultra retinam in punctum *m* (Fig. 82.) coituri sint. Radii itaque *ab*, *ab′* sejuncti, et dispersi ad retinam perveniunt, ideoque confusa est visio. Huic vitio Presbytae medentur vel objecta magis ab oculis removendo, ne radii ab iis emissi, ob oculi depressionem simul jungantur antequam retinam attingant; vel convexas lentes adhibendo, quae radiorum divergentiam minuentes antequam oculum subeant, efficiunt ut supra retinam in puncto *e* colligantur post novas refractiones, quas in oculi humoribus patiuntur, sicque claram distinctamque objecti imaginem exhibeant.

691. *Conspicillis* (1), quae omnibus sunt notissima, utuntur qui propter haec duo, vel aliud quodlibet vitium nec clare, nec distincte discernere possunt objecta. Illud tamen habent incommodi, quod objecta, quae ipsorum ministerio conspiciuntur, nonnisi in parvo spatio circa lentium centrum clare intueri possint, ut cuique experiri facile est, si librum lente aliqua utrinque convexa legere aggrediatur. Id oritur ex eo quod radii ab objectis longe dissitis emissi oculum subeunt, postquam per lentis extrema admodum oblique ingressi fuerint; unde fit, ut supra retinam huc et illuc dispergantur, ideoque imagines nonnisi confuse pingantur. D. Vollaston, cujus ingenio Physica plurimum debet, his occurrere volens incommodis, *conspicilla periscopica* (2) *(gli occhiali periscopici)* excogitavit, et multo cum successu confecit. Lentes in his ad meniscí formam ita construuntur, ut earum facies concava oculum, facies vero convexa objectum respiciat. Ex hac lentium conformatione fit, ut radii per eorum extrema transgredientes minus inclinentur, quam in lentibus communioribus, ideoque minus etiam refringantur: inde evenit, ut diversa unius et ejusdem corporis puncta, quae per hujus generis lentium extrema videri possunt, minus dispergantur, quam in lentibus communioribus, et clara ac distincta eorum imago in retina depingatur (3).

(1) Conspicillorum usus non est admodum antiquus, etsi radios Solis per vitra sphaerica transeuntes urere plurima cognitum olim fuerit. Eorum inventio inter annum 1280, et 1311 nostrae aerae referenda videtur, ut ait Muschembroekius in Introd. ad Phil. nat. n. 1013.; eorum enim utilitatem cognoverunt Rogerius Bacon, Alexander Spina, et Salvinus degli Armati, qui citra haec tempora vivebant. Hic tantum notatu dignum est, circa id tempus dumtaxat senes conspicilla adhibuìsse; nam juvenes et viri myopes verebantur hoc subsidio uti, et nonnisi saeculo retroacto huic ineptae verecundiae valedixerunt, oculosque suos etiam conspicillis armare coeperunt.

(2) A περὶ, circum, et σκοπέω, video.

(3) In cospicillis adhibendis, illi qui ita construuntur, ut eorum armatura ad fixam et determinatam distantiam oculis aptari possit, praeferendi sunt iis, qui ad oculos

692. Nunc de opticis instrumentis pauca dicamus. Duplicis haec sunt generis: vel enim ex lentibus tantum constant, et *Instrumenta Dioptrica* vocantur; vel ex lentibus et speculis, et *Catadioptrica* dicuntur. Tam lentes, quam specula, quae in his Instrumentis adhibentur, tubo intus nigro colore obducto includuntur in debita distantia. Vitrum, vel speculum, quod oculo spectatoris admovetur, vocatur *oculare*; illud vero quod versus objectum explorandum dirigitur, *objectivum* dicitur; et si pluribus vitris constet tubus, omnia anteriora vocantur *ocularia*; solum vero ultimum, quod versus objectum dirigitur, *objectivum*. Omnium hujus generis instrumentorum perfectio a duabus caussis pendet, nempe a perfectione lentium vel speculorum, quae in his conficiendis adhibentur, et ab accurata eorum axium in unam et eamdem lineam rectam dispositione. Lentes in determinatis distantiis collocari debent, quae ab earum focis deducuntur: oculus ipse in situm pariter determinatum constituatur oportet. Haec omnia geometrice statuuntur: nobis sufficiat hic tantum describere physicos eorum effectus, qui a proprietatibus lentium, vel speculorum oriuntur. Praecipua obstacula, quae in horum instrumentorum confectione occurrunt, vel ex *sphaericitatis* (614), vel ex *refrangibilitatis aberratione* (644) procedunt. Priori incommodo medetur 1.° si lentis objectivae superficies lamina opaca obtegatur, in cujus medio tanta apertura relicta sit, quanta sufficit ut radii per illam ingressi exacte in ejus focum colligantur: 2.° si in foco aptetur etiam diaphragma aliquod planum et opacum ita pertusum, ut nonnisi radiis utilioribus et necessariis transitum permittat (614): 3.° si interior tubi superficies, in quo lentes collocantur, nigro pigmento (ut diximus) liniatur, ut radii non necessarii absorbeantur. Refrangibilitatis aberrationi vero occurritur *lentes achromaticas* adhibendo (645.). His positis, instrumenta, de quibus hic loquemur, sunt *Microscopia*, *Telescopia*, *Camera obscura*, *Camera lucida*, *Diorama*, *Daguerrotypum*, *Lanterna magica*, *Phantasmagoria*, *et Microscopium Solare*; quae instrumenta in duas pariter classes dispesci possunt, prout vel ad homines adjuvandos in visione objectorum, quae ob eorum exiguitatem aut positionem oculorum aciem fugerent, sunt comparata; vel ad oblectamentum et ad curiositatem tantum inserviunt.

693. *Microscopium* (1) est istrumentum, quo minuta objecta valde aucta, et distincte videntur. Si unica constat lenticula utrinque convexa, aut sphaerula, dicitur *Simplex*: si ex pluribus, di-

manu identidem applicantur, quique vulgo *lenti a molle* vocantur: in priori enim casu lentium centra et axes cum oculorum centris et axibus semper congruunt; in posteriori vero haec congruentia admodum raro obtineri potest; id quod quantum oculis officere debeat, nemo non videt.

(1) A μικρος, parvus, et σκωπέω, video.

citur *Compositum*. Microscopii simplicis lens ita est convexa, ut habeat pro semidiametro, seu foco, unciae semissem, quartam, octavam, vel decimam partem. In hoc microscopio objectum videtur amplificatum in ratione distantiae foci ad eam distantiam, in qua collocari deberet, ut a nudo oculo distincte cerneretur (688). In foco lentis MN (Fig. 83.) ponatur objectum FG. Ducto axe Bc per pupillam, radii, qui ex puncto F proficiscuntur, convenient in retinae punctum C; radii vero ex G emissi convenient in A. Objectum itaque conspicitur sub angulo FaG. Manente autem hoc eodem angulo FaG, ut objectum nudo oculo videri possit, ad distantiam *fg*, scilicet octo pollicum, poni deberet (ibid.): atqui in hac distantia valde amplificatum, ut *fg*, conspicitur. Ope igitur hujus lentis in hac proportione objectum amplificatum videtur. Quoniam autem focus lentis convexae distat ab ipsa per semidiametrum convexitatis (613); objecta autem, ut nudis oculis distincte videri possint, saltem octo pollicum intervallo ab iisdem distare debent, ut nuper diximus; hinc in microscopio simplici *vera objecti diameter erit ad apparentem, ut semidiameter lentis ad octo pollices*. Ponamus semidiametrum lentis esse $\frac{1}{8}$ pollicis: vera objecti diameter erit ad apparentem ut $\frac{1}{8}$: 8, id est ut 1 : 64. Lens igitur amplificabit sexagies et quater diametrum objecti ad ipsam oppositi. Quum autem solidorum similium superficies sint inter se ut quadrata diametrorum; eadem lens amplificabit hujus objecti superficiem 4096es; hoc enim est numeri 64 quadratum. Hinc patet, eo majus apparere objectum, quo minor fuerit lens; quo minor enim fuerit hujus semidiameter, eo magis crescet ejus ratio ad octo pollices. Pro lentibus adhiberi possunt etiam globuli vitrei, quorum aliqui diametrum augent centies et amplius, adeoque et superficiem 10000.es (1).

694. Quod si una lens non satis amplificet objecta, additur et altera, imo et tertia: tunc autem *microscopium compositum* habetur, cujus inventio tribuitur Drebbellio Batavo circa annum 1621. Lens objectiva CE (Fig. 84.) est minimae sphaerae segmentum; altera ocularis GH est majoris, ac non nimis magnae sphaerae segmen-

(1) Cl. P. de Turre sub initio saeculi retroacti, et Professor Amici nostris diebus vitreas sphaerulas adbibuerunt, quarum ope objectorum diameter plurimum amplificatur. Novissime D. Gaudin hos vitreos globulos omnium perfectissimos confecit, qui objectorum diametrum quatercenties augent (Vide Majocchi, *Annali di Fisica e Chimica del 1850, T. 2, pag. 92*). Hi porro globuli vitrei ponuntur in capsula lignea vel ossea super pedunculum ex ligno vel osse pariter tornatum elevata; per medium pedunculi transversus adest stylus ad angulum rectum inflexus, cujus extremitati, quae cum globuli centro collineat, in ejusque focum incidit, affigitur minutum objectum, cujus partes perlustrare cupimus.

tum: haec autem ita collocatur, ut in ejusdem focum F incidat imago depicta ope lenticulae objectivae CE; atque haec dicitur *lentium combinatio*. Objectum porro spectandum AB constituitur tantillum ultra lentis objectivae focum. Singuli hujus coni luminosi ab hujus objecti punctis A, et B emissi lente CE excipiuntur; qui in ea refracti, in totidem lineas convergentes egrediuntur (612). Convergentibus vero radiis B*lm*, A*lp*; altera lens GH objicitur, cujus binis refractionibus fit, ut radii magis convergentes facti, in *d*, et *f* tandem colligantur; ubi, quia ab oppositis objecti punctis exeunt, postquam fuerint in F decussati, imaginem *fd* inversam pingunt, atque haec fungitur vice objecti radiantis AB, a quo radii emanant. Praeterea tertia lens *nk* a punctis *d*, et *f* abest per talem distantiam, quae ejusdem foci distantiam adaequat, ex quo fit ut tandem radii per illam refracti, paralleli in *no*, *ko* oculum subeant. Angulus itaque, sub quo nunc videtur objectum AB, est *nok*, quum antea nudo oculo sub angulo AIB videbatur; adeoque in hac eadem angulorum ratione erit objecti magnitudo per microscopium inspecta ad ejusdem nudo oculo spectati magnitudinem. Ut autem objectum AB clarius microscopii ope videatur, speculum concavum commode adhiberi potest ad objectum illuminandum. Ejus formam absolutissimam videre poteris in Pouillet (1). Objecti amplificatio, quam hoc microscopium producit, obtinetur ducendo inter se amplificationes seorsim a singulis lentibus productas. Sic, posito foco lentis CE quatuor linearum, diameter objecti AB videbitur amplificatum in ratione pollicum 8, seu linearum 96 : 4, id est quater et vicesies; superficies autem 586.es (2). Posito autem foco alterius lentis unius pollicis, imaginis diameter amplificabitur octies, ejus vero superficies quater et sexagies. Si denique focus tertiae lentis fuerit $\frac{1}{2}$ pollicis, sive linearum sex, imaginis diameter in hac lente amplificabitur sexdecies, superficies vero 256.es. Tota igitur diametri amplificatio erit $24 \times 8 \times 16 = 3072$; superficies vero erit $586 \times 64 \times 256 = 9601024$ (3).

(1) Pouillet, Phys. loc. cit. n. 411.

(2) Hic numerus exprimit quantitatem rationis, quae inter $96^a : 4^a$ intercedit; nam superficies sunt inter se ut diametrorum quadrata.

(3) Ex quo microscopium inventum fuit, naturalium rerum cognitio maximum incrementum accepit, innumeraque objecta, maximeque utilia, atque jucunda claram in lucem prodierunt, quae per tot saecula Physicis omnino incomperta fuerunt. In his est observatio manifesta circulationis sanguinis in minutis animalculis; animalculorum detectio in aquae guttulis, in quam piper, aut aliud quid odoris acrioris diebus aliquot demersum fuit; anguillarum in aceto uti pisces innatantium; insectorum minimorum tot mirabiles formas; alas papilionum, et culicum plumulis exiguis obsitas; aciem novaculae acutissimae obtusam, et dentatam apparentem: aculeos culicum, pediculorum, apum etc. liquore venenoso esse repletos, qui se vulnusculis ab apice factis inserit, et innumera alia. Nostris tamen temporibus duo microscopia

695. *Microscopium Solare* (Fig. 85.), a D^no^ Lieberkun Berolinensi Academico inventum an. 1745, componitur ex duabus lentibus convexis AB, A′B′, et ex speculo plano MN. Fasciculus radiorum solarium *abcrst* ita incidit in speculum planum MN extra fenestram camerae obscurae situm, et ad horizontem gradibus 45 inclinatum, ut hi ad sensum paralleli, reflectantur horizontaliter; ingressique per ipsius fenestrae foramen cadant in lentem convexam AB. Hi radii post refractionem convergunt (612), plurimamque lucem afferunt parvo objecto pellucido x, ex. gr. insecto affixo exili laminae vitreae, vel potius talco EF, paulloque remoto a foco y, sive inter lentem AB, et ipsius focum y, ne comburatur. Altera parva lens A′B′ ita collocata est ultra focum y lentis AB, ut hic idem focus y sit eidem lenti A′B′ vicinior, quam ipsi est proprius focus. Radii itaque ry, ty, qui post intersectionem in foco y cadunt divergentes in lentem A′B′, post eamdem refractionem adhuc divergunt, perguntque in L, et in P, dum radius sy recta tendit in O: hinc parvum objectum x pingitur in pariete, vel in tabula dealbata, verticaliter ad aliquot pedum distantiam erecta sub angulo LyP; ejusque imago plurimum augetur, tantoque magis, quo magis planum excipiens ipsam imaginem distat ab eodem objecto, ita ut si distantia xO sit pedum 20, seu linearum 2400, et distantia objecti x a lente A′B′ sit lin. 10, toties aucta esset imago, quoties 10 in 2400 continetur, nempe 240.^es^. Quum autem imago, ob radiorum decussationem depingatur inversa, objectum x situ inverso apponi debet, ut imago conspiciatur erecta. Hoc microscopio culex apparere solet arieti, aut etiam bovi aequalis; capillus ut trabes; tineae casei ut testudines. Quamvis autem hoc instrumento objecta tantum pellucida mirari possint; Oepinus tamen etiam objecta opaca per eadem repraesentari posse ostendit.

696. Quod si objecta per microscopium solare inspicienda fuerint opaca, ex. gr. inscriptiones alicujus parvi nummi, aranea, apes, muscae, aliaque ejusmodi parva insecta, tunc microscopio solari copulatur aliud instrumentum: in hoc autem casu illud vocatur *Megascopium* (1). Componitur hoc ex lente convexa AB (Fig. 86.), quae camerae obscurae foramini inseritur. Extra cameram ponitur objectum in directione axis ejusdem lentis, paullo remotum ab hujus distantia focali; quod objectum vividissime illustretur a radiis per lentem microscopii solaris vel directe, vel per speculum planum gradibus 45 inclinatum reflexis, et in idem objectum in-

omnibus numeris absoluta construxit D. Amici Physicae Professor in Mutinensi Universitate, quorum primum objecti diametrum millies auget, adeoque superficiem decies centena millia: alterum vero diametrum amplificat circiter ter millies, ac proinde superficiem circiter 9000000.

(1) A μεγας, magnus, et σκοπεω, video.

cidentibus. Obtinetur tunc in interiori camerae pariete opposito objecti imago inversa et amplificata; quae eo magis apparet amplificata, quo objectum magis ad focum lentis accedit. Ut autem imago habeatur erecta, objectum situ inverso apponitur. D. Charles, qui Megascopium anno 1788 invenit, objectorum imagines hujus ope vicies amplificatas obtinuit.

697. *Lanterna Thaumaturga*, seu *Magica*, seu *Megalographica* (1) (Fig. 87.), quam P. Athanasius Kircher Soc. Ies. invenit, jucundissima exhibet spectacula; per illam namque cum summo intuentium stupore mirifica rerum exhibitio in grandi forma fieri potest. Constat speculo concavo metallico EF, in cujus fere centro ponitur candela C accensa; tum lente convexa DD′, quae et a concavo speculo, et a candela accensa exceptos radios transmittit ad vitrum EE′, quod sursum deorsum, vel versus latera moveri potest, et in cujus parte postica sunt depicta objecta pellucidis coloribus. Hi radii a vitro exeuntes excipiuntur lente utrinque convexa KI, magisque convergunt; LM est septum perforatum, per quod lux transit; NP est tertia lens, quae adhibetur ut radii magis magisque convergant; quo fit, ut in adverso pariete, vel in albo plano verticaliter opposito objectorum imagines illuminatae, et maxime amplificatae depingantur. Quumque ob radiorum decussationem hae imagines pingantur inversae; ut habeantur erectae, vitrum depictum in situ inverso collocari debet. Loco flammae candelae accensae optimo cum successu P. Kircher Sole usus fuit, tunc autem lens DD′ non est necessaria; et quia non semper radios a Sole directe emissos in picturam EE′ quocumque diei tempore excipere licet, loco DD′ ponitur charta oleo terebinthinae uncta, per quam radii Solis transmissi, picturam EE′ aequaliter illuminant. Per ejusmodi lucernam possunt in obscuro conclavi qualescumque figurae et imagines, imo integrae scenae curiosissimae in pariete albo ad plures passus distante cum omnibus coloribus et lineamentis distincte repraesentari. Denique ingenioso hoc instrumento uti possumus ad horologium nocturnum conficiendum, quod lampadis ope horas indicet in opposito pariete; quae horologia apud Instrumentorum Opticorum artifices passim prostant.

698. *Phantasmagoria* (2) est eadem *Lucerna magica* paullulum variata, quae tamen effectus mirificos producit. In camera aliqua obscurissima, in qua spectatores admittuntur, tenditur exilissimum linteum gummi illitum, quod tamen spectatores a reliquis camerae parietibus non discernunt. In hoc, ope lanternae magicae (quae

(1) A μεγάλη, magna, et γράφω, scribo — quasi *magna objecta describens.*

(2) Ita dicta a φάντασμα, imago, et ἀγορά coetus, quasi *imaginum coetus*, quia saepe hoc instrumento coetus imaginum, et spectrorum exhibentur.

in parte spectatoribus adversa ita est collocata, ut iis sit invisibilis) pinguntur objectorum imagines ; quae ad timorem incutiendum spectra, vel daemonia ut plurimum repraesentant. Statim ac incipit operatio , in linteo jam dicto apparet spectrum, quod quum in principio sit minimum , sensim ita augetur , ut concito gradu versus spectatores properare videatur. Quoniam autem objecta eo judicare solemus a nobis remotiora , quo minoris sunt magnitudinis; et eo viciniora , quo magis eorum magnitudo augetur (692) ; hinc nascitur optica fraus, qua hae imagines sensim spectatoribus appropinquare videntur : obscuritas enim camerae efficit ut eaedem se moveri videantur , quum tamen nonnisi suam augeant magnitudinem. Id autem ita spectatorum imaginationem percellit, praecipue ubi silentium , ac flebilis alicujus musici instrumenti sonus praecedat , ut objecta sensibilia reapse sibi videre videantur, ac ingentem inde concipiant timorem. Totus instrumenti apparatus curriculo imponitur , cujus rotae panno sunt obductae, ut dum moventur omnis rumor absit. Figurae in vitro plano ita sunt depictae , ut omnis reliqua ipsius superficies figurae expers nigro pigmento sit illita , ne luci transitum permittat. Tale vitrum pone primam lentem convexam, ut in lanterna magica, collocatur. Reliquae duae lentes ita sunt dispositae , ut tertia lens PN (Fig. 87.) ope parvae cujusdam catenulae sit mobilis , et ad secundam lentem KI appropinquari , vel ab ea removeri possit. Radii igitur a figuris in vitro depictis emissi hasce duas lentes pertranseunt, et in adverso linteo verticaliter erecto objectorum imagines efformant. Ubi imagines satis amplas contrahere cupimus , instrumentum linteo admoveamus oportet , et tertiam lentem a secunda ope catenulae removeamus ; si vero imaginem exiguam amplificare cupimus , lentem illam huic admovere debemus , et instrumentum a linteo removere. Haec omnia autem tum optime suum sortiuntur effectum , quum longo usu instrumentum istud adhibere didicimus.

699. In n. 553 *cameram obscuram* in suis partibus essentialibus descripsimus. Imago , quae in opposito pariete depingitur , est inversa ; potest autem excipi in speculo plano horizontaliter posito , et sic apparebit erecta (1). Construuntur *Camerae obscurae gestatoriae* ; quae constant magna lente convexa *ab* (Fig. 88.) per foramen excipiente radios ab objecto e regione posito emissos, eosque decussatos et divergentes transmittente ad speculum planum *cd* gradibus 45 inclinatum in capsulae intus obscuratae fundo situm. Hi radii sursum verticaliter reflectuntur in vitrum obumbratum desuper ho-

(1) Hujus instrumenti inventor fuit cel. Jo. Bapt. Porta Neapolitanus, qui in Libro XVII. cap. 6. *Magiae naturalis* anno 1609. primum editae , illud dilucide describit : et tamen de tali camera, tamquam de re quadam nova loquitur Rob. Boyle in *Commentat. proemial.* p. 15. anno 1667. edita.

rizontaliter positum, in eoque objectorum imagines suis vividisque distinctas coloribus, sed tamen inversas depingunt; nam radii, ut diximus, post lentem intersecantur. Si super hoc vitrum charta alba distendatur, poterit homo rerum imagines haematita ad vivum delineare, easque postea in tela pingere, vel super tabulas cupreas incidere. Ut autem imagines obtineri possint erectae, ante lentem ex parte externa speculum planum constituitur. Diverso autem modo construuntur, ubi pictoribus inservire debent ad objecta delineanda, ut apud Pouillet (1) videre poteris.

700. Camerae obscurae usus hodie est valde utilis, postquam Joseph Nicephorus Niepce jam ab anno 1814 methodum invenit, qua objectorum imagines, ob lucis chemicam actionem, permanentes et fixae reddi possunt; quam methodum quum anno 1839 Aloysius Daguerre perfecisset, camera obscura cum omni suo apparatu ad hominum ac rerum externarum effigies exactissimas, distincte, et nitidissime ad vivum delineandas, *Dagherrotypum* ab ejus nomine vocatur. Ut autem ratio accuratior ac recentissima easdem imagines obtinendi omnibus pateat, placet in subjecta adnotatione italico idiomate eamdem excribere ex nuperrimo Gallico opere D[ni] Aloysii Figuier, cui titulus: *Exposition et Histoire des principales decouvertes Scientifiques Modernes* (2).

(1) Phys. loc. cit. n. 407.

(2) « Le immagini daguerriane si formano, come ognun sa, sulla superficie di una lamina di rame inargentata. Si espone per alcuni minuti una lamina di rame inargentata sopra una scatola, nel cui fondo sono sparse parecchie particelle di jodo abbandonate all' esalazione spontanea nella temperatura ordioaria: la lamina in tal guisa si ricovre d' uno strato leggiero di ioduro d' argento, e l' esilissimo velo così formato, presenta una superficie eminentemente sensibile all' impressione dei raggi della luce. Questa lamina così ricoperta dello strato di jodo si colloca nel foco della camera oscura, e si fa giugnere sulla sua superficie l' immagine formata dalla lente dell' istrumento. La luce ha la proprietà di decomporre il joduro di argento; per conseguenza, le parti dell' immagine vivamente illuminate decompongono in queati punti il joduro d' argento; le parti oscure al contrario restano senza azione: finalmeote, gli spazii corrispondenti alle mezze tinte ne sentono l' influenza secondocchè queste mezze tinte più o meno si ravvicinano all' ombra, o alla luce ».

« Quando la lamina si ritira dalla caroera oscura, non presenta ancora alcun impronta visibile, ma conserva uniformemente la sua tinta di giallo d' oro. Per far comparire l' immagine un' altra operazione è necessaria: la lamina dev' essere sottomesa all' azione dei vapori del mercurio. Si espone perciò in una seconda scatola, nella cui parte inferiore si contiene del mercurio liquido. Si riscalda la detta scatola a gradi 75 C. in virtù di una lucerna ad alcool; ed allora i vapori del mercurio s' innalzano e vanno a condensarsi sulla lamina metallica, ma i detti vapori oon si depongono uniformente su tutta la superficie metallica; e questa ineguale condensazione è quella che precisamente dà origine ai disegni *fotografici*. Infatti, i globetti di mercurio si vanno a condensare unicamente *sulle parti che sono state colpite dalla viva luce*; cioè a dire sulle parti del joduro d'argento che i raggi luminosi hanno chimicameote decomposte; e lasciano intatte le parti rimaste nell'ombra. Gli stessi effetti si producooo per le mezze tinte. Da ciò risulta che le parti illuminate sono indicate sulla lamina da una brillante vernice di mercurio, e le ombre dalla superficie medesima dell' argento che non ha ricevuto impressione. Per chi assiste la prima volta a questa parte curiosa delle operazioni fotografiche riesce questo uno spettacolo strano

701. *Camera lucida* a D^{no} Wollaston anno 1809 inventa, est instrumentum valde ingeniosum, quod ad delineandos rerum ambitus adhibetur. Componitur ex prismate quadrangulari AB (Fig. 89.)

e veramente meraviglioso. Su quella lamina che non presenta nessun tratto, nessun disegno, nessun aspetto visibile, si vede in un istante comparire un' immagine di una perfezione senza pari, come se qualche divino artista la delineasse col suo invisibile pennello ».

« Intanto l'operazione non ancora è finita. La lamina è ancora impregnata di joduro d'argento, e se si abbandonasse a se stessa in tale stato, continuando il joduro d'argento ad annerire sotto l'influenza della luce ambiente, tutto il disegno sarebbe distrutto. Bisogna dunque liberare la lamina da tale joduro. Ciò si ottiene immergendola in una dissoluzione di iposolfito di soda, che ha la proprietà di sciogliere il joduro di argento. Dopo tale lavanda la pruova ottenutane può essere esposta senza alcun rischio all' azione della luce la più intensa; più prima non poteva maneggiarsi che nell' oscurità, o tutto al più al debole lume di una candela; ora può maneggiarsi alla piena luce del sole ».

« Si vede definitivamente che nelle pruove daguerriane l'immagine è formata da un esilissimo velo di mercurio depositato su di una superficie di argento; le riflessioni brillanti del mercurio rappresentano i chiari, le ombre sono prodotte dalla brunitura dell' argento; l'opposizione e la riflessione ineguale della tinta di questi due metalli bastano per produrre gli effetti del disegno ».

« Tale è l'insieme delle operazioni nel processo primitivo immaginato da Daguerre; e dobbiamo dire che questo processo, tale quale è stato descritto dall'inventore, è di una esecuzione così semplice, che si è sicuro di riuscire in ogni caso, seguendo alla lettera le istruzioni che egli ha date. I perfezionamenti apportati posteriormente al metodo primitivo hanno avuto per risultamento l' abbreviare il tempo delle operazioni; ma queste sono divenute più difficili, e meno certa la riuscita. Le istruzioni pubblicate da Daguerre nel 1839 si possono considerare come un vero modello di precisione, e di chiarezza ».

« Le pruove ottenute col processo di Daguerre, benchè per diversi riguardi rimarchevoli, avevano intanto un gran numero di difetti, che ne diminuivano molto il valore artistico.... La maggior parte di tali difetti erano la conseguenza del tempo considerevole richiesto per l' impressione luminosa: infatti un quarto d' ora di esposizione ad una luce assai viva era indispensabile per ottenere una pruova. Quindi i primi sforzi pel perfezionamento di quest' arte novella ebbero per iscopo il diminuire la durata dell' esposizione della lamina nella camera oscura ».

« Un tale problema capitale di abbreviare la durata dell' esposizione luminosa non fu risoluto in maniera completa che nel 1841 dall' artista francese M. Claudet mercè la scoverta delle *sostanze acceleratrici*, cioè di quelle sostanze, che applicate sulla lamina precedentemente impregnata di jodo, ne esaltano ad un grado straordinario la sensibilità luminosa. Il cloruro di jodo, il bromo in vapore, il bromuro di jodo, il cloruro di solfo, l'acido cloroso ec. sono le sostanze acceleratrici le più attive. Coll' acido cloroso si potettero ottenere delle pruove esattissime in un mezzo secondo, ed anche in un quarto di secondo... Dopo la scoverta delle sostanze acceleratrici, il perfezionamento il più importante, che abbia ricevuto la fotografia consiste *nella fissazione delle pruove*. Le immagini daguerriane ottenute in origine erano estremamente fuggitive, e non potevano soffrire il più leggiero strofinio; il pennello il più delicato strisciando sulla loro superficie cancellava interamente il disegno. M. Fizeau fece scomparire tutti questi inconvenienti ad un tempo ricoprendo la pruova fotografica con un leggiero strato di oro. Per ottener questo risultato basta di versare sulla superficie della pruova una dissoluzione di cloruro di oro misto all' iposolfito di soda leggiermente riscaldata; la lamina si ricuopre all' istante d' una sottile vernice di oro metallico. Questa operazione sì semplice in se stessa è il complemento il più utile della scoverta di Daguerre ».

« I successivi perfezionamenti apportati al processo originale di Daguerre, hanno cangiato, come si vede, di una maniera notevole l'insieme delle operazioni fotografiche. Sarà dunque utile il precisare il metodo attualmente seguito. Ecco in poche parole

ita disposito, ut facies AB objecta respiciat. Radii ab objecto emissi prisma ingrediuntur irrefracti per faciem AB, reflectuntur vero in faciebus internis *Bd*, *db* (quae ita inter se inclinantur, ut angulum graduum 135 capiant), et ad oculum spectatoris in *o* positum perveniunt. Oculus imaginem objecti erectam trans prisma intuetur in plano horizontali eidem subjecto; et si ita constitutus fuerit, ut radii reflexi *xo* dimidiam pupillam occupent, eodem tempore videbit objecti imaginem, et chartae plagulam, super quam ipsa imago apparet projecta; tunc autem nullo negotio eamdem imaginem haematitae ope delineare poterit. Duo vitra periscopica hoc instrumentum comitantur, ut spectator alterutrum adhibeat, prout myops, vel presbytes fuerit, quo aequalem claritatem tum imagini, tum chartae conciliet.

702. *Diorama* (1) est quaedam camerae opticae species, cujus ope in cubiculis, vel in quibusvis aliis locis, rerum et hominum imagines depictae sub forma naturali lentium ope exhibentur. Hujus repraesentationis effectus a perspectivae regulis, et ab apta illuminatione pendent; lentes autem adhibentur tantum ad imagines amplificandas. Fieri solet ut plurimum in aliquo cubiculo, quod ope tabulati in duas partes dividitur; pars cubiculi anterior, in quam observatores conveniunt, est parum illuminata, et tabulatum vel panno cooperitur, vel nigro colore obducitur; in parte interiori parietes sunt dealbati, vel tela alba obtecti, ut lucem plurimam a lucernis apte dispositis diffusam communicent tabulis depictis, quae verticaliter pendent in interiori pariete opposito. Tabulatum praeterea instructum est parvis fenestris, in quibus adsunt lentes, per quas tabulae depictae spectantur. Lentes fiunt forma rectangulari, ut visionis campus horizontalis amplior evadat; earumque distantia focalis est fere duorum pedum: in his autem focis ponuntur tabulae

la serie consecutiva delle operazioni che si eseguono oggidi per ottenere una pruova daguerriana — 1. esposizione della lamina metallica ai vapori che esalano spontaneamente dal jodo alla temperatura ordinaria, per provocare sulla superficie della lamina la formazione di un leggiero strato di joduro d'argento; — 2. esposizione della medesima ai vapori di bromo, o di acido cloroso, o di qualunque altra sostanza acceleratrice; — 3. esposizione all'azione della luce nella camera oscura, per ottenere la formazione dell' immagine; — 4. esposizione ai vapori del mercurio per far comparire il disegno; — 5. lavanda della pruova in una soluzione di iposolfito di soda, per togliere il joduro d' argento non attaccato; 6° finalmente, fissazione della pruova mediante il cloruro di oro. Con un poco di pratica si riuscirà felicemente in queste operazioni ».

Reliqua vide apud laudatum Auctorem, T. 1. Cap. 2. 3. et 4, ubi diffuse etiam loquitur de applicatione processus photographici a Dno Talbot ad chartae plagulas anno 1841 extensa, et a Dno Niepce (nepote illius Josephi Niepce, qui primus Photographiam invenit) anno 1846 ad laminas vitreas. Ibidem etiam ad examen revocatur quaestio, an scilicet ope dagherrotipi etiam imagines cum suis nativis coloribus obtineri possint; cujus operationis exitum felicem quamvis plurimis difficultatibus obnoxium esse fateatur, haud tamen esse desperandum expresse asserit.

(1) A δία, trans, et ὁράω, video.

depictae, quarum axes perspectivae cum lentium axe adamussim congruunt. Lentes item fenestris ita aptantur, ut circa illas interius disponantur canales ex asserculis nigro colore tinctis, qui versus tabulas depictas dilatantur ad modum pyramidis truncatae. Horum canalium longitudo tanta est, ut visionis campum trans lentem illi definire queant, ne tabularum depictarum extrema ora appareat. Quum igitur tabulae depictae in lentium focis sint collocatae, lucis radii ab objectis in ipsis depictis emissi ad spectatoris oculum paralleli perveniunt, eique tamquam a locis longe dissitis profecti videntur : hinc objecta ipsi cum suis nativis coloribus et in naturali magnitudine apparent, quum nullus adsit terminus, quo de ipsorum reali distantia judicare possit. Quot adsunt tabulae depictae, totidem fenestrae cum suis lentibus adsunt in tabulato : quare maximo cum oblectamento observatores successive spectare possunt nunc igneos globos e Vesaevo erumpentes, nunc crystalli palatium Londini pro expositione objectorum humanae industriae hoc anno 1851 constructum, nunc ferreum pontem super Sequanam prope Parisios, nunc viam subterraneam subter Tamesium flumen quae anglice *Tunnel* appellatur, nunc peristilium et perspectivam Romanae Ecclesiae S. Petri, nunc alia ejusmodi loca praestantiora. Iisdem principiis construi solet *diorama gestatorium*, quod *Cosmorama* (1) appellatur, italice *Mondo nuovo*.

703. Sequuntur diversi generis *Telescopia*. Haec sunt instrumenta ex lentibus vitreis, et interdum etiam ex speculis composita, per quae objecta remota tamquam proxima contemplari possunt; vel quae accuratam reddunt remotorum objectorum visionem (2). Telescopia praesertim sunt vel *dioptrica*, vel *catadioptrica*. Prioris generis sunt illa, quae per solam lucem refractam; posterioris vero, quae per lucem refractam simul et reflexam objectorum imagines nobis referunt. Telescopia dioptrica triplicis sunt generis, *astronomicum* nempe, *terrestre*, et *Galilaeanum*.

704. Telescopium *astronomicum*, seu *Keplerianum*, non secus ac microscopium, duabus constat lentibus utrinque convexis, obje-

(1) A κοσμος, mundus, et ὁραω, video.

(2) Ita dicti a τηλη, procul, et σκοπεω, video. Eorum inventionis historia valde est indicatu difficilis. Quamquam enim Rogerius Bacon, Ordinis nostri decus (ut fuse demonstrat illustris Caesar Cantù in sua Historia Universali, *Schiarimenti al Libro XI, schiar.* (X), plurima scripserit, quae innuunt, omnia tum conspicillorum, tum telescopiorum construendorum principia ipsi comperta fuisse; et quamvis I. B. Porta, *Magiae natur.* lib. 17. cap. 10. anno 1609 editae, eorum aliquod indicium dederit, dicendo : *si utramque lentem, nempe concavam et convexum, recte componere noveris, et longinqua et propinqua clara et majora videbis*; dubitari tamen nequit, telescopiorum usum non prius invaluisse, quam anno 1609; quo anno Lipershemius et Metius in Hollandia similia telescopia confecerunt. Deinde Galilaeus, auxilio talis tubi a se perfecti (cuius fabricam ab homine extraneo se accepisse ingenue in *Nuntio Sydereo* fatetur) Satellites Jovis detexit. Reliqua hujus historiae hauriri possunt ex dictionario Tecnologico Universali, Artic. *Telescopio*, *Cannocchiale* etc.

*

ctiva et oculari, ita inter se combinatis, ut earum foci in unum interpositum punctum coeant. Objectiva lens major est oculari, ut plurimos excipiat radios in oculum immittendos. Sit objectum remotissimum AB (Fig. 90.); radii ab eo emissi in lentem objectivam *ob* ingrediuntur, a qua refracti, in ejus focum coeunt, ibique imaginem inversam A'B' pingunt, ob radiorum decussationem. Quumque ocularis *cc'* tantopere ab hoc foco distet, quanta est proprii foci distantia; fit ut radii ab hoc communi foco progredientes, in lentem ocularem evadant paralleli, ab iisque oculus valide percellatur: quare depicta imago nedum bene illuminabitur (quippe quae a plurimis pingitur radiis), sed et augebitur: nam nudo oculo in loco lentis objectivae posito objectum apparuisset sub angulo A*y*B; at per telescopium conspicitur sub angulo *c*O*c'*, qui anguli, ut ex geometria demonstratur, sunt in ratione *h*O: *hy*, seu ut *he*: *ey*, id est *magnitudo objecti est ad imaginis magnitudinem, ut distantia foci lentis ocularis est ad distantiam foci lentis objectivae.* Quamvis autem imago in hoc telescopio inversa pingatur, nullum tamen ea inversio affert incommodum; quum enim corpora coelestia, quibus contemplandis adhibetur, sint rotunda, nihil officit si dextera apparent sinistra, et superiora inferiora videntur.

705. Quoniam vero objecta terrestria per hoc telescopium inspecta apparent inversa, adeoque et visio perturbatur: hinc ad erigendas imagines telescopio astronomico duae aliae lentes additae fuerunt, ita ut illud ex quatuor lentibus constet, quarum tres oculares aequali inter se distant intervallo, per easque radii transeunt, ut in Fig. 91. exhibetur; atque ita objectum erectum, oculo vicinius, atque amplificatum apparet. Hoc est *telescopium terrestre*, italice *cannocchiale*, gallice *lunette*, et anglice *a perspective glass*. Quo remotiora sunt objecta, quae hujus instrumenti ministerio conspiciuntur, eo magis istud contrahi debet, ut clariora videantur; id quod facile obtinetur, tubum ita contrahendo, ut ultima ex tribus ocularibus objectivae appropinquetur: quod si objectorum distantia non fuerit ingens, tunc prima lens ocularis ab objectiva removetur, tubum distendendo.

706. Quod si loco lentis ocularis convexae, ut est in telescopio astronomico, lens ocularis concava ita adhibeatur, ut hujus focus virtualis exacte collocatus sit in objectivae foco reali, habebitur Telescopium *Galilaeanum*, sic dictum, quia a Galilaeo omnium primo inventum, et ad observationes astronomicas adhibitum fuit (Fig. 92.). Sit AB objectum valde remotum: radii ab eo emissi, a lente objectiva *cc'* excepti, post refractionem, in hujus focum *h* imaginem inversam A'B' pingent. Huic inversioni occurritur, lentem ocularem concavam *dd'* inter radiorum concursum, et lentem objectivam ab hoc concursu in ea distantia collocando, quae

sit aequalis foco imaginario lentis concavae. Haec lens ocularis radios convergentes sua refractione reddit parallelos. Oculus vero recipiens eosdem parallelos tamquam ab objecto remotissimo emissos, eos diffringit, ut supra retinam coeant, depingantque imaginem in situ erecto, distinctam, et multo amplificatam, ut supra diximus. Haec telescopia valde imperfecta esse ostendit experientia; quo enim magis objectum amplificant, eo minorem objecti partem oculus uno obtutu comprehendit, id est *campum* habent angustum; unde hodie in desuetudinem abierunt.

707. Telescopio Galilaeano similes sunt breviores illi tubi, qui *tubi theatrales*, italice *spioncini*, gallice *lorgnettes d'opera* vocantur; qui maxime adhibentur in objectis haud valde dissitis contemplandis. Ex his aliqui ita construuntur, ut duobus constent similibus tubis ita simul junctis, ut eisdem uterque oculus possit applicari, et ope cochleae ita disponi, ut ambo axes optici in idem punctum dirigantur, et imaginem reddant distinctiorem. Tunc autem *tubi binoculi* (*Cannocchiali binocoli*) appellantur.

708. Quoniam autem Telescopia Dioptrica nonnullis defectibus sunt obnoxia propter sphaericitatis, et refrangibilitatis aberrationem; his occurrere volens Newtonus ante lentium achromaticarum inventionem, *Telescopium Catadioptricum* confecit, a suo nomine *Newtonianum* dictum, quod ab Hadleyo primum, postea circa finem saeculi proxime elapsi ab Herschelio fuit perfectum. Exhibet ABCD amplum tubum (Fig. 93.), in cujus fundo collocatur speculum concavum EF, quod remotissimi objecti PR radios excipit, qui ad sensum sunt paralleli, quique proinde in foco NO speculum inter ac centrum posito unirentur (576), inversamque imaginem ON pingerent. Quum autem haec a spectatore videri non posset, idcirco radii, antequam coeant, intercipiuntur plano specillo GH ad tubi axem gradibus 45 inclinato, a quo reflectuntur ad laterale foramen I, imaginem picturi in *on*. Insistit foramini lens utrinque convexa, cujus focus est in punctis *on*. Haec igitur lens radios a quolibet imaginis *on* puncto venientes refringit, ut fiant paralleli; qui vero ab extremis partibus *o*, *n* objecti *on* veniunt radii refracti, convergunt, et opticum angulum S efficiunt, ubi positus oculus, imaginem *on* tamquam objectum per microscopicam lentem contemplatur; apparebit igitur objectum amplificatum, luminosissimum, et inversum (704.). Maximam hoc telescopium perfectionem a D^no^ Herschel accepit. Is enim anno 1782 Britanniae Regi ejusmodi exhibuit Telescopium, cujus objectivi speculi focus pedum 7 longitudinem habebat, visique objecti diametrum 650.^es^ augebat. Aliud deinde construxit, cujus focus pedum 20 longitudinem habebat, et objecti diametrum 932.^es^ amplificabat. Horum ope plura detexit, et quidem magni momenti, nimirum novum Planetam, quem *Herschel* ex detectoris nomine, vel *Uranum* vocant; satellites circa ipsum gyran-

tes, plures stellas fixas, et alia hujusmodi. Maximum Telescopium hactenus constructum est illud, quod nostris diebus confectum fuit in Anglia pro D^no Rosse, qui propterea *Telescopium monstrum* illud appellavit. Ejusmodi instrumentum instructum est speculo objectivo, cujus diameter est sex pedum anglicanorum, et distantia focalis est pedum 54. Hinc amplificatio objectorum in hoc Telescopio catadioptrico est vere admirabilis; ita ut quaedam stella nebulosa prope Tauri signum, quae per Herschelii Telescopium visa unica apparebat, visa per Telescopium D^ni Rosse, tamquam congeries plurium stellarum apparet (1).

709. Jacobus Gregory telescopium catadioptricum hac forma construxit. In amplo tubo TYMZSN ponitur speculum metallicum concavum LD, in medio X perforatum (Fig. 94.); anterius est in EF speculum concavum minus, brachio mobili RT affixum. Ut intelligatur radiorum processus, sit objectum remotissimum AB, e cujus extremis partibus A, et B radii A*d*, C*d'*, et I*l*, B*l* emanant. Hi illapsi in speculum LD, in focum KH concurrunt, ubi imaginem inversam pingentes, ulterius progrediuntur, insiduntque in speculo FE, cujus focus est *f*; ab hoc repercussi concurrerent in *mn*, alteram imaginem erectam picturi; sed ponitur lens YS, quae refractione sua efficit, ut citius coeant in *ax*, ibidemque imaginem exhibeant, quae per lentem *mn* in O videatur amplificata, et erecta. Magnitudo autem objecti per telescopium hoc visi est ad eam nudo oculo apparentem ut angulus *m*O*n* ad angulum AOB. Hoc telescopium Newtoniano praefertur in observationibus terrestribus, eo quod objecta hic videantur in situ erecto constituta; sed imagines in hoc sunt minus perspicuae, quam in Newtoniano: lux enim in Gregoryano duas oculares lentes, in illo autem nonnisi unam debet permeare. Adest et *helioscopium*, per quod Solem contueri licet; et *heliostata*, per quod lux solaris reflectitur in puncto fixo, dum interim Sol ab ortu ad occasum quotidie pergit. Sed de his, aliisque opticis instrumentis consule Pouillet loco saepius citato, aliosque passim.

(1) Hic obiter notandum ducimus, etiam hujus Telescopii ope objecta in Lunae superficie existentia nunquam distincte videri posse, nisi diametrum habeant multorum metrorum. Quum enim objecta nudis oculis nullo modo perspici possint, si eorum distantia diametrum eorum 5000.^es excedat (692); quumque Luna a nobis, ut videbimus, distet 60 semidiametris terrestribus; dato etiam quod objecta nudis oculis videri possint ad distantiam, quae eorum diametrum 6000.^es adaequet; ut objectum in Luna existens nobis sit visibile, necesse foret ipsum habere magnitudinem 0,006 partis 60 semidiametrorum terrestrium, seu, quod idem est, 0,01 partis unius semidiametri terrestris. Quum autem terrestris semidiametri longitudo sit 6376000 metr.; etiamsi telescopium aliquod objectorum diametrum amplificaret non quidem 6 millies, sed 10 millies; ut objectum aliquod luminosissimum et ita splendidissimum, ut sunt stellae fixae, in Luna videri possit, ad minus diametrum 6 vel 7 metrorum illud habere necesse foret. Patet igitur quid sentiendum sit de quorumdam circulatorum anilibus fabellis, qui homines, animantia, arbores, et alia ejusmodi in Luna se vidisse jactitant.

SECTIO III

DE MAGNETISMO, ATQUE ELECTRICITATE.

710. Quamvis recentissimae Physicorum observationes, atque experimenta id innuere videantur, ut Magnetismus, atque Electricitas, quae olim et diu tamquam duo fluida toto coelo inter se diversa putabantur, parum nunc, vel nihil differant; adeoque indiscriminatim utramque materiam tractare possimus: nihil tamen impedit, quominus magnetismum seorsim ab electricitate tradamus; quum enim ille sibi propriis ac peculiaribus legibus subjiciatur, hae uberius et clarius tradi possunt, ubi ab illius electrica origine abstractionem faciamus. Quin imo id non modo fieri posse, verum etiam, ait celeb. I. F. W. Herschel (1), in investigationibus, quae ad magnetismum attinent, ita procedere necessarium esse, ac si haec ejus origo adhuc in tenebris lateret; hancque materiam iisdem inductionis principiis tractare oportere, ac si haec Physicae pars cum reliquis nullam communem haberet rationem. Quocirca praesentem Sectionem quatuor in capita partiemur, in quibus distincte agemus primum de Magnetismo; deinde de Electricitate statica, seu de Electricitate, quae per affrictum excitatur; postea de Electricitate dynamica, seu de Electricitate quae per contactum evolvitur; denique de electro-magnetismi, nec non de magneto-electricismi phaenomenis.

CAPUT PRIMUM

DE MAGNETISMO.

711. Omnia, quae de hoc argumento a Physicis traduntur, ad quatuor articulos revocabimus; in quorum primo loquemur de generalioribus phaenomenis magneticis; in altero de Magnetismi theoria: in tertio de actione magnetica Telluris: in quarto demum de Magnetismi Legibus.

(1) Discorso preliminare sullo studio della Filosofia naturale, Parte 3. Cap. 5. n. 363.

ARTICULUS PRIMUS

DE GENERALIORIBUS PHAENOMENIS MAGNETICIS.

712. In pluribus ferri fodinis (1), et aliquando in ipsa Telluris superficie invenitur quoddam corpus coloris plerumque ferruginei, quod proprietate gaudet ad se attrahendi metalla, ac praecipue ferrum, eaque sibi juncta tenendi. Veteres corpus hoc lapidem putarunt, eique *Magnetis* nomen tribuerunt vel a Magnete quodam pastore, qui casu quum observasset ferream sui baculi cuspidem terrae, cui illam infixerat, valide adhaerescere, primus illum detexit; vel a Magnesia Lydiae Urbe, ubi solet abundare: nunc autem Physicis compertum est, magnetem esse quoddam minerale compositum ex ferro et oxygenio, illius prorsus speciei, quae *ferrum oxydulatum magneticum* ab Haüy appellatur. Hic *magnes* (qui italice vocatur *calamita*, gallice vero *aimant*) dicitur *naturalis*; nam, ut infra videbimus, fiunt et alii, qui *artificiales* dicuntur.

713. Magneti inesse hanc vim ferri ad se attrahendi sequenti experimento comprobatur. In scobe ferrea circumvolvas magnetem quacumque figura praeditum: statim videbis illam magneti adhaerere, ita quidem ut duobus extremis sibi oppositis particulae scobis adhaereant erectae, et copiosiores; in locis vero intermediis prostratae, et rariores evadant, donec ad lineam quamdam perveniatur, quae a dictis extremis aequaliter distans, nullam in iisdem particulis attractionem exerit, quemadmodum exhibet Fig. 95. Idem observare poteris, si parva ferri frustula magneti admoveas: statim namque ac aliquo linearum intervallo ab eo distant, leviora videntur, et a magnete attracta, ad illum avolant, ipsique arctissime adhaerent. Denique si globulus ferreus filo flexibili suspensus in aequilibrio pendeat, eique sensim magnes admoveatur, hoc *pendulum magneticum* a sua verticali directione deviabit, ut magnetem petat, qui illud allicit. Quumque omnis attractio sit reciproca; sequitur, ferrum etiam ad se attrahere magnetem eadem vi, iisdemque legibus, quibus magnes ferrum attrahit. Id quod directe etiam probari potest, magnetem filo flexibili suspendendo, eique vicissim ferrum admovendo.

714. Haec vis ferrum attrahendi, quae residet in magnete, proprio ac peculiari nomine *vis magnetica* appellatur. Hinc etsi quilibet magnes se habeat ad ferrum prout tellus ad corpora terrestria; illud tamen magnes habet peculiare, omnia superficiei magneticae puncta non eamdem ferrum attrahendi vim exerere. Si namque

(1) Extant magnetis fodinae, inter quas celebratur ea, quae in Ilva Maris Etrusci insula jacet. Vide egregium Opus, *Corografia d' Italia di Orl. Zuccagni*, Vol. 12, §. 3.

pendulum magneticum nunc extremis, nunc intermediis magnetis partibus admoveas, videbis illud a verticali sua directione valide deviare, et magnetem petere, ubi extremis partibus admovetur; remissius autem moveri, vel omnino quiescere quando ad partem intermediam admovetur. In quolibet igitur magnete circa mediam suae longitudinis partem duci potest linea quaedam, cujus puncta nullam attrahendi vim habeant; hanc *lineam neutram*, vel *lineam mediam* vocamus, quia magnetem duas in partes dividit, quae *magnetis poli* dicuntur. Speciatim vero pro *polis magnetis* intelligimus partes magnetis a linea media remotas, in quibus vis magnetica est vegetior, efficitque ut scobs ferrea copiosior et recta adhaereat. In quolibet igitur magnete *linea media*, et *duo poli* semper considerari debent. Quia denique cujusque magnetis poli, ubi hic filo suspensus fuerit, fere versus mundi polos vertuntur, ideo iisdem impositum fuit nomen polorum nostri globi; unus enim *septemtrionalis* vel *borealis*, alter *meridionalis* sive *australis* appellatur. Linea recta polos conjungens, mente ducta, dicitur *axis* magnetis.

715. Si magnetes duo suspendantur, sibique permittantur, ubi ejusdem nominis polos, idest vel duos boreales, vel duos australes sibi ita obvertunt, ut alter alterum in linea recta respiciat, magnetes duo se mutuo repellent, et ab invicem recedent. Si poli diversi nominis, id est unus borealis, australis alter, se se respiciant, magnetes duo se se *attrahent*, in mutuosque veluti amplexus ruent. Idem evenit ubi plures magnetes adhibeantur. Poli igitur *diversi nominis* duorum vel plurium magnetum, *poli amici* vocantur, quia se se mutuo attrahunt; poli autem *cognomines*, seu *ejusdem nominis* vocantur *inimici*, quia se se mutuo repellunt. Hinc statuere possumus, in quolibet magnetis dimidio, a linea media incipiendo, duas vires existere, quae etsi unius ejusdemque naturae prima fronte videantur, quia in scobem ferream aeque agunt, sunt tamen duae vires oppositae; nam ratione prorsus contraria in se invicem agunt, quum una attrahat quidquid alia repellit. *Linea media* est harum virium oppositarum veluti *limes*: patet itaque cur ipsa nullam attrahendi vim exerere debeat. Haec omnia locum etiam habent quum quilibet magnes secundum lineam mediam dividitur in partes; nimirum hae partes suos iterum habent polos, ita tamen ut partes, seu poli, qui prius juncti erant, post divisionem evadant *inimici*, ac se se repellant: attrahant vero se se aliae partes, seu *poli diversi nominis*.

716. At cujusnam naturae erit vis ista, cui omnia phaenomena magnetica debentur? Hanc vim non esse materiae ponderabili inhaerentem, quemadmodum est gravitas, ex eo colligimus, quod quum magnes naturalis nihil aliud sit, nisi ferri oxydum, vel ferri

diversimode *oxydati* mixtura ; neque in ferro , neque in oxygenio seorsim sumptis hanc vim magneticam permanentem comperimus; cuique autem obvium est , materiae cujuslibet partes ex sola ipsarum mutua combinatione nunquam acquirere proprietatem aliquam essentialem , cujus antea erant expertes. Praeterea vires materiae ponderabili inhaerentes augeri quidem , vel minui , vel aliis rationibus variari possunt , nunquam autem destrui ; vim autem magneticam pro lubitu destruere , ac iterum excitare possumus. Id patet in magnete igni exposito donec candescat , quem omnem vim magneticam amissise post calefactionem comperimus , quamvis nihil ponderis , etiam refrigeratione deinde sequuta , ab eo decesserit. Videbimus postea quomodo eamdem vim iterum in eo excitare possimus , quin aliquid ponderis eidem accedat. Ex his , aliisque rationibus patet , actiones omnes magneticas cuidam *sui generis fluido* in materia ponderabili oxydi ferrei magnetem constituentis diffuso esse tribuendas. Quoniam autem in quolibet magnete duas vires oppositas dari comperimus ; *duo* sibi *opposita fluida* admitti etiam debere videntur , quorum unum in polum borealem , alterum vero in australem suum exercet imperium. Hinc in quolibet magnete poli ejusdem nominis eodem fluido instructi sunt ; poli vero diversi nominis fluida etiam diversa habent : at poli ejusdem nominis se se mutuo repellunt ; poli vero diversi nominis se se attrahunt (725) ; inferre igitur possumus , *quodlibet horum fluidorum seipsum repellere, attrahere autem fluidum a se diversum.*

717. Haec eadem duo fluida in ferro etiam existere debere vel inde patet , quod si materiae ponderabili nullatenus inhaerent , actio , quam magnes in ferrum exercet, non in hujus materiae partes se se exerit , verum in fluida magnetica, quae in harum partium minimis intervallis continentur. Id autem sequenti comprobatur experimento. Magneti *ab* (Fig. 96.) tam prope admoveatur cylindrus ferreus *f*, ut ex mutua actione conjungi possint; hac conjunctione sequuta , si in scobe ferrea cylindrus ex sua inferiori parte volutetur , haec tamdiu ei sub flocculi forma adhaerebit , donec ipse cylindrus magneti adhaeret : statim vero ac ille ab isto separatur , omnis scobs decidit , nullumque remanet vis magneticae vestigium. Quumque hoc phaenomenon locum non habeat ubi pro cylindro ferreo alius diversae materiae adhibeatur ; patet , vim , quae scobem attrahit , et cylindro ferreo illam suspensam retinet , non esse vim magnetis *ab* , sed in ipso cylindro residere. Id evidentius probant sequentes observationes : 1.° fila scobis diversam habent longitudinem prout a cylindri extremo recedunt : 2.° in cylindro versus superiorem partem adest punctum *f* , quod nullam exerit actionem , id quod lineam mediam efficit: 3.° denique ultra hanc lineam scobs iterum attrahitur , sed fila in directione opposita se se dispo-

nunt. Quum itaque hic cylindrus ferreus scobem attrahat ; linea media , ac duobus polis sit instructus ; sequitur , ipsum vere et proprie esse quemdam magnetem. Linea media tamen non in ejus puncto medio , ut in magnete , sed in *f* versus extremum residet. Quod si loco scobis ferreae parvus alius cylindrus huic cylindro exhibeatur , statim illum pariter ad se rapiet. Idem observabitur si huic secundo cylindro tertius admoveatur , tertio quartus , et sic deinceps; omnes enim quamdam catenam, quae a magnete incipit , ita efficient, ut hoc ablato, omnes simul decidant. Ex quo clare patet, ferrum , eodem prorsus modo ac magnes , duo fluida magnetica continere ; sed in suo naturali statu haec inter se ita esse combinata, ut unum alterius efficaciam destruat. Haec est ratio , ob quam ferrum vim suam magneticam in aliud ferrum non exercet; nam quidquid ab altero horum fluidorum attrahitur, ab altero aequali vi repellitur , nullaque proinde actio sequitur. Contra , ubi ferrum magneti admovetur , haec duo fluida dissociantur ; unum attrahitur , alterum repellitur ; illud in magnetem , istud in cylindri extremum ruit , ubi suum exerit dominium ad se scobem sibi admotam trahendo. Hinc ferro *magneticam virtutem comparare (calamitare)* nihil aliud exprimit , nisi duo fluida naturaliter consociata dissociare ; *magneticam virtutem ab eo auferre* idem est ac eadem denuo consociare.

718. Cave tamen credas magnetem suum fluidum deperdere , ubi ferro vim magneticam communicat ; nam unius et ejusdem magnetis ministerio ferreis frustulis numero infinitis vis magnetica communicari potest , quin magnetis efficacia nullatenus minuatur. Praeterea cylindrus ferreus quando a magnete attrahitur , quum linea media ac duobus polis instructus probetur (727.) , duo quoque fluida possideat , oportet ; atqui unum tantum a magnete recipere posset , si ab eo illud reciperet. Fluidum magneticum itaque ex uno in aliud corpus , nempe ex magnete in ferrum , non transit. Neque ex una in aliam ferri atomum transire potest ; si namque extrema pars fili ferrei stricte magneti adhaerentis tunc secetur , quum duorum fluidorum dissociatio fuerit sequuta ; in ea parte, quae secatur , ne levis quidem magnetismi umbra apparebit. Patet igitur fluidum magneticum nequidem ab una in aliam ejusdem ferri partem transire. Dissociatio magnetica in qualibet atomo tantum fieri potest; in hoc minimo intervallo dumtaxat magneticum fluidum moveri potest, ita ut hanc atomum dividere necessarium foret, si duo fluida dissociare cuperemus. Ex hoc principio quum omnia magnetica phaenomena possint explicari, intelligi potest cur magnes , ubi successive dividatur , quaelibet ejus pars semper integrum magnetem exhibeat , duos polos , lineamque mediam habentem.

719. Magnes scobem chalybeam attrahit quidem ; haec tamen illius actionem statim non excipit, ut scobs ferrea. Grandiuscula autem chalybis frusta ejus actioni magis resistunt ; catenam namque illam, cujus mentionem fecimus (727), cylindris chalybeis unico simplici contactu, ut fit cylindris ferreis, efficere omnino impossibile est. Atqui minimae chalybis partes a magnete alliciuntur ; cur itaque partes grandiores pari modo non attrahentur ? Numquid in majori ejusdem corporis volumine ea vis, quae minimis partibus competit, deperditur ? Nequaquam : sed *longiori tempore*, vel *validiori affrictu* opus est ut haec vis in chalybe excitetur : hoc modo si magneti pluries affricentur cylindri illi, de quibus antea, vim magneticam concipient, et catenam efformare poterunt. Chalybs igitur hoc habet sibi peculiare, quod *vim magneticam sibi comparare nequit, nisi post affrictus longiori tempore repetitos*. Praeterea in hoc etiam a ferro distinguitur, quod *vim magneticam semel acquisitam jugiter retinet*. Ex prima harum chalybis proprietatum sequitur, in ipsius substantia vim quamdam, seu resistentiae modum inesse, qui obstat ne duorum fluidorum dissociatio statim, ut in ferro, sequatur : hanc *vim coercentem* (*forza coercitiva*) vocant. Ex altera vero proprietate eruitur, in chalybe inesse etiam vim aliam, seu resistentiae modum, qui obsistit ne fluida dissociata iterum consocientur, et chalybs ad suum naturalem statum redeat. Haec vis fluidorum consociationi obsistens etiam *vis coercens* vocatur. Ignoramus autem utrum hae duae vires fluidorum dissociationi et consociationi resistentes sint diversae, vel unius ejusdemque naturae.

720. Inter omnia naturae corpora chalybs varias induere potest formas in suarum partium dispositione, quin ejus compositio chemica variationem sensibilem subeat. Temperatus, vel diversis gradibus calefactus, diversissimas, easque oppositas proprietates acquirere potest : ex eo enim conficiuntur laminae elasticissimae, limae, viricula, aliaque instrumenta, quae licet duriora, sunt fragilia quasi essent ex vitro. Cuilibet horum statuum diversa competit vis coercens ; eaque est maxima in temperatura validiore, in ea nimirum, quae chalybem duriorem ac fragiliorem reddit. Etiam ferrum aliquam vim coercentem acquirit, ubi tunditur, praesertim nulla interveniente ignis actione (*a freddo*) ; at hic quoties de ferro loquimur, *ferrum molle* (italice *ferro dolce*) intelligimus, quod nullam vim habet coercentem, et facilius magneticam vim contrahit, ubi magneti admovetur ; illam deperdit, ubi ab ea separatur.

721. Ex dictis sequitur, *magnetes artificiales* nostro arbitrio nobis conficere licere, qui magnetibus naturalibus sint perfecte similes ; quin etiam potentius, quam isti, ferrum alliciant aut repellant. Hi magnetes *artificiales* vocantur *acus magneticae*, *acus nauticae*, *acus versoriae*, diversasque figuras referunt, nunc sagittae, nunc rhombi,

nunc cylindri : hodie tamen usitatiores sunt illae, quae rhombi figuram exhibent. Hae acus, quarum longitudo pollices sex excedere non debet, in medio sui instructae sunt capitello orichalceo, intus excavato, ut acutissimae cuspidi cupreae, vel chalybeae, vel ex achate imponi, et supra eam liberrime circumverti queant. Ubi ad usus nauticos, vel etiam terrestres inserviendum sunt comparatae, theca, vel pyxide ita includuntur, ut in hujus medio exurgat acutus stilus cupreus, vel chalybeus, cui acus imponitur instar indicis horarii in horologio. In pyxidis basi est integer circulus orichalceus in gradus divisus, super quem 32 ventorum lineae sunt ductae : tegitur crystallo pyxis, ne a ventis acus perturbetur. Si acus sit aliquantulum longior, vel crassior, simplex affrictus aliquoties repetitus non sufficit, ut omnem vim magneticam, cujus est capax, sibi comparare queat ; aliis artibus, de quibus postea loquemur, hanc vim tunc comparare oportet. Acus istae, quarum dimensiones sunt grandiores, dicuntur *virgae magneticae*. Plures acus denique, vel plures *virgae magneticae* simul junctae, quarum poli ejusdem nominis eamdem plagam respiciunt, *fascem magneticum* constituunt, quem italice vocant *magazzino magnetico*. Hi fasces magnetici plerumque ad modum ferreae soleae equorum (*a ferro di cavallo*) incurvari solent, ut duo poli simul et semel in minima distantia cum majori efficacia agere possint. Vide Fig. 97.

722. At praeter ferrum et chalybem, danturne aliae substantiae magneticae? Equidem quum fluida magnetica non transmittantur, sed, ut ita dicam, atomis materiae ejus corporis, in quo inveniuntur, adhaereant (728); sequitur, elementa simplicia magnetica suas proprietates magneticas magis minusve sensibiliter servare debere in omnibus chemicis combinationibus, in quas ingredi possunt : hinc in omnibus ferrugineis substantiis eo ampliora magnetismi vestigia reperiuntur, quo majorem ferri quantitatem continent. Ex recentioribus tamen observationibus constat, nicolum etiam, et cobaltum, sub data quadam temperatura, inter corpora magnetica recenseri posse, quamvis talia non inveniantur ubi in corporum compositorum combinationem ingrediuntur. D^nus Pouillet opinatus est manganum ad gradus —20 eadem proprietate gaudere; sed accuratiora experimenta D^ni Faraday hanc opinionem erroneam et falsam demonstrarunt. Topazium calefactum proprietates magneticas acquirere in aliquibus circumstantiis visum est quibusdam Physicis ; sed neque haec opinio firmis nititur fundamentis.

723. En autem modum, quo discernere possumus an corpus aliquod sit *simpliciter magneticum*, an vero vis magnetica fuerit *in eo tantum comparata* (727). Singula puncta superficiei illius corporis, quod explorare volumus, exhibeantur uni eidemque polo acus magneticae ; si nulla sensibilis actio perspicitur, corpus nulla sensi-

bili vi magnetica praeditum erit; si acus illud attrahet tantum, corpus erit simpliciter magneticum; si denique acus quaedam puncta attrahet, quaedam vero repellet, corpus vi magnetica *comparata* praeditum erit, et duobus polis, lineaque media, quae obsignari potest, instructum. Aliquando accidit, ut unum idemque corpus non duos, sed plures polos exhibeat: tunc *puncta consequentia* habere dicitur. Acus *ab* (Fig. 98.) duo puncta consequentia habet in a', et in b': dignoscere autem possumus an acus magnetica his punctis sit instructa, eamdem in scobem ferream immergendo: tunc enim haec in eum modum se se conformabit, quem figura repraesentat.

ARTICULUS SECUNDUS

DE MAGNETISMI THEORIA, AC DE VARIIS MODIS, QUIBUS VIS MAGNETICA EXCITATUR.

724. Quamvis veteribus, ut diximus, magnetis praecipua proprietas, nimirum attrahendi ferrum, cognita fuerit, mirum tamen est quantum in magnetismi caussa utcumque assignanda discrepaverint. Thales et Anaxagoras caussam hanc physicam posuerunt in certa quadam magnetis anima, et qualitate attractiva; Pythagoras, principiis usus mechanicis, pulsationem circularem aeris in subsidium quaesivit; Epicurus putabat atomos uncinatas ferri cum atomis hamatis substantiae magneticae conjungi. Lucretius adstruit quaedam effluvia e magnete erumpi, quae aerem medium inter magnetem ipsum et ferrum disjiciendo inducant certum quoddam vacuum; liberumque aditum praebeant aeri circumfluenti, ut sponte sua illuc accurrat, et duo illa corpora ad mutuum accessum compellat. Alii alia diixere: Gilbertus, qui ob sua egregia de magnete scripta et inventa scientiae magneticae Parens et habetur, et dicitur, omnia haec commenta, ut puras putas hypotheses rejecit, suamque non inficiatus est hac super re ignorantiam. Successit Cartesius, qui statuit subtilissimae suae materiae vorticem, cujus particulae in modum parvarum cochlearum sint efformatae, vel spicarum in modum sint hispidae, celeriter super terram moveri. Hae (pergit ille) in poros et terrae et magnetis similiter excavatos per unum polum ingressae, tam terram, quam magnetem permeant, utriusque directionem regunt, atque peracta circuitione juxta directionem meridiani per alterum polum egrediuntur. Ideo autem hic materiae subtilis vortex per unum polum ingreditur, neque egreditur nisi ex polo altero, quod talis est fluidi jam dicti indoles, talisque structura pororum terrae, ut ipsum fluidum regredi per eamdem viam, e qua venerat, nequaquam possit. Porro ferrum et

magnes eam habent dispositionem, ut eorum particulae simul contextae validiorem vortici resistentiam opponant, quam omnia alia corpora: hinc oritur eorum directio. Hac hypothesi speciosa equidem, sed a veritate multum absona, Cartesius ejusque asseclae, inter quos Eulerus et Bernoullius, de omnibus phaenomenis magneticis rationem reddebant.

725. Oepinus, saeculo proxime elapso, primus omnium docuit, omnia magnetica phaenomena a legibus simplicioribus attractionis et repulsionis erui posse, ac geometrice demonstrari. Unum ipse posuit fluidum magneticum; alii tamen duo diversae indolis fluida admiserunt, quae simul juncta *statum naturalem* efficerent, dissociata vero *statum magneticum*: eaque dissociatione sequuta, corporum massam pervadere posse, et ab una in aliam eorum partem transferri. Denique D. Coulomb vera principia theoriae magneticae, quam omnes hodie sequuntur, posuit. Duo igitur fluida hic admisit, sed experimentis superius relatis (727.), aliisque innumeris demonstravit, haec nonnisi in una eademque atomo moveri posse. Docuit proinde, 1.° volumen apparens alicujus corporis magnetici ex innumeris componi spatiolis, in quorum aliquibus magnetismus continetur, ab aliis vero exulat: 2.° duo fluida in quolibet spatiolo magnetico contenta dissociari posse a vi quadam, quae vim coercentem superet; 3.° eadem disponi posse juxta leges ad aequilibrium statuendum necessarias; nunquam vero a spatiolo, in quo includuntur, egredi posse, quum quidquid eadem ambit nullatenus ab ipsis permeari possit. Spatiola, in quibus magnetismus reperitur, *elementa magnetica* dicuntur; illa vero, a quibus magnetismus abest, *elementa non magnetica*. Num vero haec elementa magnetica sint vel pori, qui atomos materiae ponderabilis separant, vel ipsae atomi, id nescire ingenue fatetur. Elementorum magneticorum et non magneticorum summa volumen apparens corporis magnetici constituit; harum quantitatum ratio variare potest vel ob temperaturam, vel ex diversa substantiarum natura; hae variationes autem maximam vim in magnetismi distributione et intensitate exercent. Hanc D^ni^ Coulomb hypothesim, quam cum Pouilleto et nos amplectimur, D^nus^ Poisson demonstrationibus analyticis valide fulsit, et splendide exornavit.

726. Iam diximus (731.), aliis artibus ac simplici affrictu, vim magneticam in virgis ferreis vel chalybeis longioribus, aut crassioribus excitari. Duobus modis id fieri potest, nempe vel *contactu simplici*, vel *duplici contactu*. Priori modo sic operandum est. Duae virgae magneticae, vel duo fasces magnetici in eadem directione ita disponuntur, ut eorum poli inimici se se respiciant. His fascibus imponitur acus, vel virga, in qua vim magneticam excitare volumus, quae filo, vel alio quovis modo ad subjectam tabu-

lam alligata, impeditur, ne moveri possit. Utraque manu duae aliae virgae magneticae transversim gradibus 25.°, vel 30.° inclinatae, ad mediam acum admoventur; deinde ab invicem separantur, et leni perfricatione, servata semper eadem inclinatione, dextrorsum ac sinistrorsum ad extremas partes acus seorsim, eodemque tempore ducuntur; hic attolluntur, ac denuo ad mediam acum admoventur, ut eadem pluries iteretur operatio, donec acum repetitis prefricationibus validiorem vim magneticam sibi comparasse compertum erit. Haec methodus *simplicis contactus*, quam *Duhamelii methodum* vocant, praefertur, ubi in acubus magneticis, vel laminis exilioribus (quarum scilicet crassities duas tresve lineas non excedat) vis magnetica excitari debet. Ubi vero in virgis crassioribus eamdem vim excitare volumus, tunc ad *duplicis contactus*, seu *Oepini methodum* confugiendum est, in qua acus crassior, cui magneticam vim comparare cupimus, pari modo duobus fascibus magneticis imponitur, sed virgae magneticae perfricationi inservientes hic gradibus 15 vel 20 inclinantur, simul junctae a medio ad unum extremum trahuntur, deinde ab hoc extremo ad alterum per totam acus longitudinem, et ab hoc alio extremo iterum in medium retroducuntur; atque hoc modo post pluries repetitos itus reditusque, acus validissima vi magnetica erit instructa. Haec methodus dicitur *duplicis contactus*, quia virgae mobiles perfricationi inservientes pari tempore eamdem acus vel laminae medietatem contingunt, dum in methodo *simplicis contactus* singulae seorsim hanc medietatem contingunt.

727. Quamvis autem magnetismi quantitas, quae in corpore aliquo excitatur, crescat prout vis magnetica virgarum, quae in perfricatione adhibentur, major fuerit; quantitas tamen magnetismi inde accepti quemdam habet limitem, quem *punctum saturationis* dicunt. Acus, in qua vis magnetica fuerit excitata ope alicujus debilioris virgae, conficiat ex. gr. 100 oscillationes in 100″; eumdem oscillationum numerum conficere poterit in 90″, 80″, 70″, nempe in minori temporis intervallo, ubi aliquo ex superioribus modis vim magneticam acquisiverit. At si, sequuta hac operatione, sibi permittatur, observabitur infra quemdam certum terminum, v. gr. 100 oscillationum in 40″, servare magnetismum, quem accepit; id est post aliquot mensium, vel annorum intervallum 100 oscillationes eodem tempore, ac statim post acceptum magnetismum conficiet; oscillationes autem, quas ultra hunc terminum post operationem conficiebat, ex. gr. 100 in 30″, vel 20″, sensim decrescent, et acus, aliquot elapsis diebus vel mensibus, iterum oscillationes 100 in 40″ conficiet. Hic limes igitur erit *punctum saturationis* istius acus vel laminae; quod ab hujus vi coercente pendere, non autem a vi virgarum, quae ad magnetismum excitandum adhibentur, manifestum est.

728. Iam olim Gilbertus observaverat, magnetem validissimum quinque horarum spatio in igne vehementi detentum et candefactum ita debilem redditum fuisse, ut frigefactus scobem ferream non commoverit, sed tantum in acum magneticam valde agilem superstitis adhuc suae virtutis quaedam ediderit specimina. Corpora autem magnetica etsi hoc modo vim magneticam amittant, eamdem iterum acquirere possunt, ubi aliquo ex duobus modis supra dictis (726) in iisdem illa excitetur. Eorum vis coercens dumtaxat immutatur; in magnetibus quidem naturalibus ita imminuitur, ut nulla via amplius roborari possit; in artificialibus vero destruitur, donec illam per novam temperationem iterum resumant. Ex hac itaque observatione, et ab aliis innumeris DD. Kupffer et Pouilleti inferri posse videtur, caloricum in magnetismum vim suam ideo exercere, quia corporum magneticorum atomos quodammodo disjungit, segregat, ac determinatum illarum situm, quem magnetismus postulare videtur, deturbat vel destruit; et ita quidem, ut omnibus substantiis vis magnetica communicari posset, ubi modus aliquis, quo earum atomi magis inter se appropinquari, ac determinato situ disponi possint, nosceretur (1).

729. Ex dictis patet, caloricum, quamvis duo fluida magnetica dissociata consociare, seu vim magneticam a corporibus auferre valeat; nulla tamen ratione eadem fluida dissociare, seu magnetismum etiam in illis corporibus, in quibus aequilibrium magneticum facilius abrumpi potest, inducere posse; adeo ut pro certo statuere possimus, caloricum et magnetismum esse duas naturae vires, quae nullam inter se actionem directam exercent. Idem etiam de luce dicendum: quamvis enim D. Morichini (639) in radiis solaribus vim aliquam magnetismi excitandi comperisse edixerit; D. Pouillet tamen, Reiss, et Moser, iisdem institutis experimentis, nullam vim magneticam ope radiorum spectri solaris excitare potuerunt. Electricitas vero in magnetismum mirabiliter agit; ejusque actio tanta est, ut paucis abhinc anuis inde electro-magnetismus detectus fuerit, de quo postea sermonem instituemus (2).

730. In assignandis modis, quibus magnetismus excitatur, rationem etiam indicavimus, qua magnetes artificiales fieri debent: at quomodo vis magnetica in iis diu servari potest, vel eorum plures simul jungi, ut vim validiorem exerceant? Non alia sane ratione, quam eosdem *armando*. *Armari* dicuntur magnetes tam naturales, quam artificiales, quum utrique eorum polo junguntur la-

(1) Vide Pouillet, Phys. Lib. III. Sect. I. Cap. IV. n. 186.

(2) Nuperrime enuntiatum fuit, D. Faraday, variis captis experimentis, identitatem detexisse inter lucem et electricum, adeoque lucem inter ac magnetismum: at quamvis D. Faraday vel solo nomine maximam sibi vindicet auctoritatem, nihil certi ad huc asserere licet.

minae ferreae, unde ipsorum virtus semper operosa existit, et plurimum adjuvatur. Acus magneticae quum in jugi, ac continua actione sint, nulla egent armatura; non ita tamen magnetes naturales, virgae, vel fasces magnetici; hi enim omnes si vel verticaliter diu teneantur, polo boreali deorsum verso, quamdam suae magneticae virtutis imminutionem patiuntur; si vero in hac positione aliquo mallei ictu etiam pertundantur, maximam suae virtutis partem amittunt; hinc eosdem modo jam dicto *armare* oportet. Magnes autem naturalis sequenti ratione armatur. Detectis duobus polis, magnes in iis ita laevigatur, ut duo plana ad suum axem quantum fieri potest perpendicularia exhibeat; deinde ex ferro non indurato, sed puro et molli (ferro dolce) formantur duae laminae politae *aa'*, *bb'* (Fig. 99.), quas magnetis armati *alas* appellant; hae in parte inferiori inflexae desinant in pedem ad cubi formam factum, inferius optime laevigatum, qui *pedes armaturae* vocantur: eaedem laminae, quarum crassities lineam unam non excedat, lateribus magnetis firmiter constringuntur ope vittarum cuprearum *rr*, *r'r'*. His pedibus ex sola attractionis vi conjungitur virga ejusdem ferri mollis AB, quae *anchora* vocatur, cujus unco suspenduntur pondera, quae a magnete sustineri valent, ejusque vim indicaut; atque ita magnes *armatus* habetur. Modum autem, quo armantur fasces magnetici, et magnetes artificiales incurvi, legas in Pouillet, si cupis (1).

731. Illud denique in magnete naturali observandum est, quod si tot pondera ad anchorae uncum suspendantur, quot sustinendorum magnes est capax, post datum temporis intervallum ejus vis aucta invenitur, ita ut nova pondera adjungi possint, quin anchora a magnete avellatur; id quod *magnetem nutrire* dicitur. At si magnes oneretur plusquam ejus vis sustinere valet, haec vis debilitatur, et nonnisi post datum aliquod tempus, eodemque modo eamdem vim iterum acquirit. Posito ex. gr. quod magnes aliquis 50 librarum pondus sustinere valeat; si hoc pondus librarum 50 anchorae unco suspendatur, eique quotidie aliud pondus addatur, non modo hoc pondus, sed et alia, quae deinde sensim addentur, usque ad duplum circiter prioris ponderis, magnes sustentabit. At si anchora plus aequo onerata a magnete avellatur, nullatenus cum hoc onere amplius eidem adhaerebit. Ut iterum sustentari possit, pondere minori libris 50 oneranda est; atque ita progressu temporis pondus poterit sensim, ut prius, augeri. Hujus phaenomeni caussam Physici ignorare fatentur.

(1) V. Pouillet, loc. cit. n. 188.

ARTICULUS TERTIUS

DE ACTIONE MAGNETICA TELLURIS.

732. Magnes, sive naturalis sive artificialis, in aequilibrio supra cuspidem styli cuprei vel chalybei constitutus, aut filo serico suspensus, unam sui partem versus septentrionem, alteram versus meridiem constanter dirigit ; ita ut si dispositio haec mutetur, magnes sibi permissus irrequietus se se agitet, donec ad priorem directionem redierit (1). Vis itaque in illum agens est *vis magnetica* ; nam nihil simile accidit in acu non magnetica. Haec acus magneticae proprietas ubique se se prodit, in terra et in mari, in montibus altissimis aeque ac in cavernis terrae profundioribus. Existit igitur *vis quaedam magnetica*, cujus efficacia se se exerit in omnibus terrae partibus; dici enim nequit magnetes a semetipsis dirigi, quemadmodum neque corpora vi sibi insita moventur; sed in utroque casu ad vim quamdam externam confugiendum est. Ubinam autem hujus actionis magneticae centrum residet ? Mirum quantum inter se digladiaverint veteres Physici ut illud assignarent. Alii cum Cardano vis istius sedem in stella polari ponebant ; alii in polo zodiaci ; alii denique extra coelum et stellas hoc centrum existere statuebant, unde vis magnetum directrix ad terram descenderet. At Gilbertus omnibus his imaginationum commentis bellum indicens, statuit « *Telluris globum esse magnum quemdam magnetem, ejusque actionem acum magneticam dirigere* ».

733. Id autem, quod Gilbertus primus omnium statuit, ex observationibus, quas in omnibus terrae plagis Physici ceperunt, evidentius liquet ; constat nempe, Tellurem esse ingentem magnetem, cujus *linea media* in regionibus aequatorialibus posita est. Hinc

(1) Huic virtuti, quam magnes possidet, se se ad polum dirigendi, debetur nobile inventum *Acus*, sive *Pyxidis nauticae*, italice *Bussola nautica*, quae magno navigantium commodo inservit, quamque n. 721 descripsimus. Hanc Phoeniciis jam olim fuisse cognitam, et Christianis innotuisse in expeditionibus Crucialis, quidam crediderunt. Contendunt Galli, quemdam Guyot Provinciae Poetam, qui saeculo XII. vivebat, ejusdem mentionem fecisse, quasi in usu jam esset. Credunt alii, Marcum Paullum (Marco Polo) Venetum, quum ad Sinenses profectus fuisset, in reditu suo, qui anno 1295 contigit, hanc, ejusque usum a Sinis ad nos detulisse. D. Tiraboschi contendit, Arabes omnium primos saeculo X vel XI hanc ipsam detexisse, et in usum traduxisse ; cujus sententiae adstipulatur etiam Guil. Libri in *Histoire des Mathemat. en Italie* etc. Communis autem opinio est, Flavium Giojam in Amalphitana Regni Neapolis ora natum, ejus inventorem fuisse circa annum 1300. Verisimilius tamen est, ut hae discrepantes opiniones concilientur, Flavium Giojam Auctorem fuisse, ut magnetis ipsius naviculae impositi usus, qualis ad finem usque saeculi XVI apud Sinenses viguisse dicitur, per M. Paullum Venetum allatus, in acus chalybeae, affrictu magnetico excitatae, formam mutatus fuerit ; cujus ope deinde sequenti saeculo magnae et celebres illae navigationes institutae fuere a Christ. Colombo quidem anno 1492, ab Americo Vespucio, et a Magellano an. 1519.

*

in promptu est criterium, quo duo fluida magnetica distinguere et definire possumus; *fluidum* enim *boreale* est illud, quod in septentrionali telluris hemisphaerio dominatur, fluidum autem *australe* illud, quod in hemisphaerio meridionali existit. Quumque fluida diversi nominis se se attrahant (716); sequitur, polum acus magneticae, qui *versus boream* dirigitur, esse polum acus *australem*, polum vero *borealem* acus versus *austrum* dirigi.

734. In eadem Terrae plaga duae acus magneticae ea distantia inter se collocatae, ut una in alteram agere nequeat, in directione sibi invicem parallela disponuntur; non autem ita in regionibus per aliquot longitudinis gradus inter se dissitis. Praestat igitur acus magneticae directionem, et variationes, quas progressu temporis eodem in loco subit, necnon relationes, quae inter easdem directiones in dissitis regionibus intercedunt, accurate determinare. Hinc sequentes praemittimus definitiones. *Meridianum magneticum* est planum per Terrae centrum, et per axem acus magneticae, ubi haec firma consistit, ductum. Quumque meridianum terrestre sit planum per terrae axem verticaliter ductum; patet, meridianum *magneticum* et meridianum *terrestre* esse duo plana verticalia, quae angulum majorem vel minorem inter se capere possunt. Hic angulus, quem directio acus horizontalis cum linea meridiana capit, seu angulus, qui a meridiano magnetico cum meridiano terrestri efficitur, dicitur *declinatio* acus magneticae (1). Nimirum acus magnetica ad mundi polos accurate non se se componit, verum a septentrione deflectit, modo versus orientem, modo versus occidentem: in priori casu pro nostris regionibus dicitur *ad graecum tendere*, eo quod ejus polus ad plagam *greco* dictam vergat; in casu vero posteriori dicitur ad *magistrum* verti, quod ad plagam *maestro* appellatam propendat (2). In nostris regionibus declinatio nunc est *occidentalis*, ejusque angulus cum linea meridiana Neapoli nunc est graduum 15°, 27′; Romae vero graduum 16°, 35′; nam lapsu temporis variare potest. Instrumenta ad acus magneticae declinationem observandam comparata, *Pyxides declinationis* (*Bussole di declinazione*) dicuntur, quae cum Pyxide nautica in essentialibus conveniunt. Sed de iis vide Pouillet (3).

735. *Inclinatio*, quam anno 1576 detexit Robertus Norman An-

(1) Post acus nauticae inventionem communis opinio erat, hujus polum ad mundi polum borealem recte dirigi in omnibus terrae plagis. At Christ. Colombo in prima illa sua expeditione anni 1492 hanc acus declinationem summa admiratione percolsus primus omnium adnotavit. Etiam Sebastianum Cabot Venetum, qui Angliae Navarchus fuit, eamdem proprietatem anno 1500 observasse perhibent.

(2) Quum in nostris regionibus, et in omni fere telluris plaga *linea declinationis* magis ad puncta cardinalia boreae, vel austri, quam ad aliam orientis vel occidentis plagam accedat; hinc merito dicitur, *acum magneticam versus septentrionem dirigi*.

(3) Pouillet, loc. cit. n. 168.

gulus, est angulus, quem cum horizonte efficit acus magnetica ita suspensa, ut libere circa suum gravitatis centrum moveri possit in plano verticali meridiani magnetici. Nimirum acus magnetica in aequatore terrestri est in aequilibrio, et ferme horizontalis : at prout ab aequatore versus polorum alterutrum recedit, ipsa quasi addito novo pondere aliquantulum versus eum polum deprimitur, dum ejus pars altera opposita attollitur. Si e nostris regionibus ad polum usque telluris aliquis cum acu magnetica procedat, hujus inclinatio crescet prout latitudo augebitur, et ad punctum aliquod perveniet, ubi acus erit omnino verticalis, et angulum 90 graduum cum horizonte conficiet : ibi erit *polus magneticus borealis terrae*. Contrarium observabit, si ab aequatore ad meridiem ille procedet; ibi enim polus borealis acus deprimetur in ratione auctae latitudinis australis, donec tandem ad punctum perveniet, in quo acus verticaliter consistet : hoc punctum erit *polus magneticus australis terrae* (1). Neapoli inclinatio est circiter graduum 58.°, 20′; Parisiis vero est graduum circiter 66.°, 40′, et polus acus, qui deprimitur, est ejus polus australis. Haec eadem inclinatio pariter in eodem loco est irregularis pro diversa acus magnitudine, adhibiti magnetis qualitate, diversisque temporibus. Quamvis vero dixerimus acum in aequatore terrestri semper in aequilibrio consistere, illud tamen non ita strictim accipiendum est, ut nulla sit differentia inter *aequatorem terrestrem*, et *aequatorem magneticum* ; hic enim est quidam circulus maximus, qui efficit cum illo angulum graduum 12.° vel 13.°; ita ut illum secet ex una parte versus oram occidentalem Americae in insula Galego, ex altera vero parte versus oram occidentalem Africae, et ad meridiem inclinetur in ea Oceani Atlantici parte, quae haec duo puncta separat ; quamvis inficiandum non sit, hunc ita esse comparatum, ut innumeras exhibeat sinuositates in Insulis Oceani Pacifici, quae *Sandwich*, et *Amicorum* appellantur. Instrumenta ad acus inclinationem designandam ordinata, *Inclinatoria magnetica*, seu *Inclinationis pyxides* (*bussole d'inclinazione*) vocantur; quarum formam, et usum videas apud Pouillet (2).

736. Illud autem est observandum, acum magneticam non modo declinationi esse obnoxiam, sed et in ipsa declinatione aliquam subire *variationem*, quum quotidie vel ad orientem, vel ad occidentem meridiani magnetici aliquantulum vergat : hi motus vel sunt regulares et periodici, et *variationes diurnae* dicuntur; vel irregulares et accidentales, et dicuntur *perturbationes*. Praecipua *variationum* phae-

(1) Nuperrime Dux Ross polum magneticum detexit in ea Novae Britanniae regione, quae *Boothia felix* appellatur ; et Dnus V. Dumoulin enuntiat alium polum magneticum existere ad plagam occidentalem Terrae Victoriae, quam idem Dux Ross anno 1840 detexit in gradu 79 latitudinis, et ad austrum Terrae Adeliae detectae ab infelici Dumont d'Urville annis 1838, et 1839.

(2) Pouillet, loc. cit. n 168.

nomena haec sunt : tota nocte acus fere est stationaria et immobilis ; oriente sole moveri incipit, ejusque *polus australis* (idest polus *boream* respiciens) ad occidentem , quasi solis praesentiam timens, progreditur; circa secundam vel tertiam horam post meridiem amplioris deviationis occidentalis terminum attingit; deinde motu contrario usque ad horam IX, vel XI post meridiem versus orientem retrogreditur ; demum per reliquas noctis horas manet immobilis, donec oriente iterum sole ad similes redeat oscillationes. Harum variationum *amplitudo* est angulus, quem acus peragit a puncto suae matutinae stationis usque ad terminum deviationis occidentalis ; eaque est varia; nam, observante Cassinio, aestate major est quam hiberno tempore ; in mensibus enim aestivis est minutorum 13′, vel 15′, et aliquando etiam 25′ ; in hiemalibus vero minuta 8′, vel 10′ non excedit. Idem Cassinius expertus est , acum iisdem praecise variationibus in locis terrae profundioribus obnoxiam esse , ac in terrestri superficie. In regionibus borealibus variationes diurnae sunt ampliores, et minus regulares : minus amplae, et magis regulares evadunt versus aequatorem magneticum, in quo ferme cessant. In plaga meridionali aequatoris magnetici variationes in ratione contraria locum habent ; id est, polus boream respiciens ad orientem vergit eodem tempore, quo in hemisphaerio septentrionali versus occidentem procederet. Ex pluribus observationibus, quas D. Duperrey annis 1822, 1823 , 1824 fecit , inferri posse videtur , solis praesentiam ad septentrionem , vel meridiem aequatoris terrestris esse caussam harum acus oscillationum nunc ad dexteram, nunc ad sinistram aequatoris magnetici (1). *Pyxidem variationum* descriptam videas in Pouillet(2).

737. Plures caussae naturales ita in acum magneticam agunt, ut eam vel a suo naturali situ extemplo dimoveant, vel in variationibus diurnis irregularitatem, *perturbationesque* inducant. Inter hasce caussas praecipua et efficacior est aurora borealis; nam quo tempore haec meteora in regionibus septentrionalibus apparet, acus est sensibiliter irrequieta, et notabilem patitur deviationem. Improviso etiam perturbatur per ingentes tempestates, per fulgura, et tonitrua, per terraemotus , atque vulcanicas eruptiones. Daniel Bernoullius anno 1767 post terraemotum expertus est , acus declinationem minut. 30′ imminutam ; et P. de Turre post quamdam Vesuvii conflagrationem ejus dem acus declinationem aliquot graduum fuisse mutatam observavit. Sed electro-magnetismus horum phaenomenorum rationem reddit.

(1) Graham primus omnium hasce variationes diurnas observavit anno 1722; deinde easdem considerandas susceperunt in Suecia quidem Celsius anno 1740, et Wargentinius anno 1750; in Gallia vero Dnus Cassini ab anno 1780 ad 1790.

(2) Pouillet, loc. cit. n. 169.

738. Actio autem magnetica Telluris in acum nauticam a duarum virium aequalium, et oppositarum systemate repraesentari potest. Sit acus nautica *ab* lineam mediam habens in *m* (Fig. 100.). Primo quidem patet, fluidum australe in longitudine *am* positum ejusdem esse quantitatis ac fluidum boreale in longitudine *mb* diffusum; haec enim duo fluida ex dissociatione fluidi naturalis originem trahunt, nullaque adest ratio cur major ejusdem quantitas in uno magis quam in altero extremo accumulari debeat. Porro attractio, quam fluidum boreale Telluris in fluidum australe longitudinis *ma* exerit, aequalis est, et opposita repulsioni, quam idem exercet in fluidum boreale longitudinis *mb*; acus autem longitudo relate ad distantiam, quae illam a fluido boreali in hemisphaerio terrestri disseminato sejungit, adeo parva est, ut duae actiones, de quibus loquimur, sint omnino parallelae. Idem de fluido australi terrestri dicendum; hinc acus in telluris superficie a duabus viribus aequalibus, oppositis, ac parallelis urgetur. Ex quo liquet, vim magneticam telluris neque attractricem, neque repulsivam esse, sed tantummodo *directricem*, quae non quidem translationis motum magnetibus imprimere, verum eosdem dumtaxat secundum directionem aliquam disponere valeat; ut patet etiam ex eo quod, si aliquis magnes libere sibi permittatur, v.gr., in aere libere suspendatur, vel suberi aquae innatanti imponatur, hic secundum directionem meridiani magnetici sese componet, quin ex uno in alium locum transferatur.

739. Permultum autem interest magnetismi terrestris intensitatem in diversis terrae regionibus, vel in eadem regione, sed temporibus diversis, determinare. Ut hanc solverent quaestionem plurimum insudarunt Graham anno 1722, Muschembroekius anno 1729, Lemonnier anno 1776, et postea Saussurre; at Borda primus omnium generaliorem methodum illam resolvendi invenit; hancque methodum postea D. Humboldt in suis variis peregrinationibus felici successu adhibuit. Ejus summa huc redit. Quum de attractionis terrestris intensitate in diversis latitudinibus ex variis penduli oscillationibus judicare possimus (238); eodem modo de actionis magneticae intensitate judicium ferre possumus. Si namque acus magnetica a sua naturali quiete in situ determinato removeatur, sibique permittatur, intensitas magnetica ejusdem proportionalis erit quadrato numeri oscillationum, quas acus dato intervallo conficit. Et reipsa D. Humboldt expertus est, acum, quae Parisiis 245 oscillationes in 10′ conficiebat, in Peruano Regno 211 oscillationes eodem temporis intervallo conficere. Intensitates magneticae igitur Parisiis et in Peruano Regno sunt inter se ut numeri $(245)^2 : (211)^2$; adeoque *intensitas magnetica, ut gravitas terrestris, minuitur a polis ad aequatorem; in eodem autem loco cum variationibus diurnis variat.*

Ex observationibus D. Kupffer inferri posse videtur, vim magneticam in ratione etiam altitudinis variare; nam hic in montis Caucasi vertice expertus est, oscillationum numerum minui prout loci altitudo augetur.

740. Quum terrae globus tanquam ingens magnes putari debeat (733.); patet, ipsum in omnes substantias magnetismo imbutas agere, vel attrahendo aut repellendo duo fluida dissociata, vel dissociando eadem fluida in statu naturali existentia. Substantiae magneticae super terrae faciem positae huic universali actioni plus minusve resistunt pro majori ipsarum vi *coercente*; sed nulla est, quae ipsius imperio subtrahi possit. Ferrum *purum* ac *molle* unum est, quod prae omnibus aliis substantiis duorum fluidorum dissociationi nullo modo resistit, neque vestigium aliquod servat actionis magneticae, quam subiit; id est *nullam habet vim coercentem* (720). Ob actionem magnetis terrestris omnia corpora magnetica magnetes artificiales evadunt, polos mobiles et variabiles habentes, ita ut si dumtaxat sursum deorsum vertantur, eorum poli etiam mutentur; si vero aliquantulum a priori situ dimoveantur, etiam poli aliquam situs mutationem experiantur. Hoc manifeste innuit, multa diligentia opus esse in observationibus conficiendis ope acus magneticae; nam ferrum in aedium fabricatione adhibitum, in caussa esse potest, ut acus aliquibus perturbationibus subjiciatur.

741. Ex eodem pariter principio fluit, vim magneticam etiam sine ullo magnetis contactu excitari posse. Lamellae chalybeae prorsus levigatae imponantur incudi perpolitae in meridiani magnetici directione (quam acus nautica ostendet), et juxta longitudinem, eamdemque directionem atterantur ferro ad perpendiculum erecto, cujus extremitas inferior sit rotunda et bene tersa. Si haec operatio per singulas lamellae chalybeae facies quantum satis est iteretur, eximia virtute magnetica illae imbuentur, nonsecus ac si generoso magnete tactae fuissent. Pari modo virga ferri mollioris si mallei percussione in utroque extremo tundatur, magneticam vim sibi comparasse observabitur. Denique ut in filis ferreis vis magnetica excitetur, capiantur plura eorum, 30, vel 40, longitudine unius pedis, et in situ verticali ita singula super seipsa intorqueantur, ut asperiora, et fragiliora evadant; omnia ista vim magneticam hoc modo acquirent, ita ut si simul consocientur, egregius magnes habeatur, non cedens iis, quos natura in suo sinu generat. Quin imo ipsa natura absque ullo hominis artificio validam vim magneticam impertit. Sic ferrum multis annis in loco quieto elevato, vel sub dio in *situ erecto ita positum*, ut oxydetur, idest ut rubiginosum evadat, non adeo tamen ut a rubigine exedatur, in optimum vertitur magnetem; hoc modo in praestantissimos magnetes saepe con-

vertuntur virgae ferreae in aedium tectis, templorumque fastigiis, vel turribus campanariis erectae, adeo ut pro certo habeatur, rubiginem, quamvis non sit omnino necessaria ut ferrum magneticam virtutem concipiat, esse tamen in illo ferme vis magneticae infallibile indicium.

742. A fulmine quoque, atque ab electricitate excitatur in ferro vis magnetica. A fulmine quidem; nam traditur fulmen in quoddam cubiculum decidisse, ubi cultri, aliaque diversi generis ferramenta continebantur, ibique partem eorum solvisse, parti autem reliquae insignem virtutem magneticam communicasse. Ab electricitate etiam; nam si acus ferrea ex una ad aliam suam extremitatem trajiciatur a scintilla electrica, evadit magnetica. Id autem multiplicibus experimentis nunc constat post *electro-magnetismi* detectionem. Etiam quaedam actiones mechanicae vim magneticam excitare valent: si ex. gr. ferrum contorqueatur, tundatur, lima poliatur, vim quamdam magneticam acquiret; atque hoc modo fit, ut in officinis fabrorum claustrariorum omnia ferrea, vel chalybea instrumenta vi magnetica reperiantur instructa. In omnibus his phaenomenis non est actio chemica, neque actio mechanica, quae magnetismum excitat, verum est actio telluris jugiter operans, quae duo fluida dissociat; eaque dissociatione facta, vis coercens, quae ab actione mechanica vel chemica minimarum partium ferri, vel chalybis oritur, ipsum magnetismum diu servat. Quinimo quum ipsi magnetes naturales nihil aliud sint, quam ferri oxydum; probabile est, eorum magneticas proprietates nonnisi ab actione telluris oriri, quae in ipsos, ex quo tempore formari incipiunt, operari non desinit.

743. Vis telluris magnetica etiam in navium ferramentis se se prodit; quum enim naves ingenti ferri quantitate sint instructae, cujus pars in earum constructione adhibetur, pars usibus bellicis, vel nauticis inservit, uti bellica tormenta, pilae explodendae, anchorae, aliaque id generis; omnia haec instrumenta navibus imposita, magnam vim in acum nauticam exercere debent, prout reipsa exercent. Deviationes, quae hinc oriuntur, adeo sunt sensibiles, ut aliquando acum per gradus 15 aut etiam 20 a situ suo dimoveant. D. Vales primus omnium esse videtur, qui indigitaverit hunc errorum fontem in observationibus marinis; Downie veram ejus caussam explicavit, et Filinders modum excogitavit, quo huic incommodo obviam iri possit. Paucis abhinc annis D. Barlow super hac re accuratissimis inquisitionibus versatus est, ejusque dissertatio in proposita materia a Regali Londinensi Societate coronari meruit. Ejus summam legas in Pouillet (1).

(1) Pouillet, loc. cit. n. 171.

ARTICULUS QUARTUS

DE MAGNETISMI LEGIBUS.

744. De Lege attractionis magneticae, nempe de ratione, quae datur inter attractiones et corporum distantias, diu multumque a Physicis quaesitum est; attamen usque ad D. Coulomb infelici cum successu: experimenta namque, et tentamina ab iisdem suscepta constantem aliquam rationem non dedere, sed modo unam, modo aliam. Newtonus ex quibusdam a se captis experimentis statuit, hanc attractionem in ratione fere triplicata distantiae decrescere; Muschembroekius deprehendit magnetem cylindricum, et ferrum cylindricum ejusdem magnitudinis sese mutuo attraxisse in ratione inversa distantiarum; magnetem vero sphaericum et globum ferreum ejusdem magnitudinis se attraxisse in ratione inversa quadruplicata spatii cylindrici inter utrumque corpus intercepti; alii aliam rationem sequi experti sunt: quocirca absolutam hujus attractionis legem assignare ut rem prorsus desperatam illi putabant. At D. Coulomb anno 1785 invictissimis argumentis demonstravit, *attractionem et repulsionem magneticam agere in ratione inversa duplicata distantiarum*. Duplici methodo ipse usus fuit in magnetis viribus dimetiendis, *methodo* nempe *oscillationum* acus filo serico suspensae, et *methodo torsionum*, qua nemque ex angulo, quem capiunt diversi generis fila in *bilance torsionis* (quae ab ejus inventore nunc *Coulombii bilanx* appellatur) posita, eruitur quantitas vis magneticae. Duplicis hujus methodi descriptionem omittimus; eam enim habes in pluries citato Pouilleto (1): at illationes, quas oscillationum methodo deduxit, hic raptim indicabimus.

745. Sumpsit D. Coulomb acum magneticam, eamque prope filum chalybeum exilissimum libere suspensam fecit oscillare. Haec oscillationes 41 intervallo minuti 1′ confecit, ubi ejus distantia a centro actionis fili erat 4 pollicum: deinde quum eamdem posuisset in duplici distantia, nempe pollicum 8, nonnisi oscillationes 24 illa confecit. Hinc hoc modo ratiocinatus est: Quum vires magneticae oscillationes in acum producentes sint ut quadrata numerorum oscillationum, quas dato tempore haec conficit (739): vires hic erunt ut $(41)^2 : (24)^2$; id est ut 1681 : 576. Ut actio absoluta fili chalybei in acum haberi possit, actionem telluris ab hac summa demere oportet; atqui ex aliis institutis experimentis D. Coulomb observaverat, acum ex sola globi terrestris actione oscillationes 15 unius minuti intervallo conficere; haec actio igitur est $= (15)^2 = 225$.

(1) V. Pouillet, loc. cit. n. 177. 178.

Si itaque hic numerus subtrahatur a numeris 1681, et 576, habebitur pro actionibus fili chalybei in distantiis, quae sunt inter se ut 1 : 2, ratio 1456 : 351, id est, circiter ut : 4 : 1 (1). Quare erit 1:2=4 : 1 ; scilicet *actiones magneticae sunt inter se in ratione inversa duplicata distantiarum.*

746. Illud etiam ex multis institutis experimentis constat, 1.° *vim attrahentem in magnete esse superficiei, non autem massae, proportionalem*; adeo ut duo magnetes, quorum alter sit plenus, alter intus vacuus, sub eadem superficie, iisdemque circumstantiis, eamdem vim exerant. Haec lex detecta fuit a Barlow anno 1820: 2.° *vim magneticam ampliorem effectum producere ubi in horizontali directione agat, et utrique poli corpus attractum respiciant*: 3.° *magnetum vim ad aliquam distantiam majorem esse hieme quam aestate; in contactu vero eamdem prorsus esse omnibus anni tempestatibus*: 4.° *esse prorsus eamdem tam in aere libero, quam in vacuo*: 5.° *hanc virtutem non minui a cujusvis corporis etiam metallici* (exceptis iis, quae ipse magnes attrahit) *interpositione*; ita ut existimandum videatur, magneticam vim omnium corporum poros libere permeare : 6.° denique *actionem magnetum non extendi in distantiam quamcumque, sed ad aliquam determinatam, et certis quibusdam terminis, qui cuicumque magneti proprii sunt, includi*; qui termini magnetis operationem comprehendentes ac limitantes, ejusdem *sphaera activitatis* dici solent.

747. Magneti denique inditam esse quibusdam morbis medendi vim asseruerunt plures medicinae Doctores. Quidam medicus Galliae D. de la Condamine eo usus est pro dolore dentium expellendo ; id quod obtinetur ubi infirmus faciem habeat aquiloni obversam, dentique vitiato applicetur magnetis polus meridionalis. D. Sigaud de la Fond ipsum adhibuit cum felici successu etiam ad depellendam hemicraniam, et cordis palpitationem. Alii denique etiam pro rheumatismo, surditate, rumoribus in auribus, morbo astmatico eodem usi sunt. At quum, repetitis iisdem experimentis, effectus non semper idem obtineatur ; nihil certi hac super re statui potest. Hoc super argumento legi merentur duae eruditissimae Epistolae a celebri D. Orioli editae in 1.° volumine illius Operis, quod *Opuscoli scientifici di Bologna* inscribitur. Nullam hic mentionem facimus de magnetismo animali, quem D. Mesmer ex variis obser–

(1) Notandum quod differentia 13, quae reperitur inter 351, et quartam partem numeri 1456, quae est 364, ideo est sensibilis, quia cadit in quadratum numeri oscillationum : at differentia eidem respondens relative ad ipsum numerum non est nisi minima fractio. Si namque numerus oscillationum foret $24\frac{1}{4}$, idest 24,25 : quum hujus quadratum sit 588,0625, subtrahendo numerum 225 ab hoc quadrato, haberetur 363,0625, seu $363\frac{1}{16}$, qui numerus parum differt a 364.

vationibus deprehendisse sibi visus est, et de quo nostris hisce temporibus plura jactant quidam Medici circulatores; ipsum enim esse merum commentum patet ex iis, quae passim dicuntur a Metaphysicis.

CAPUT SECUNDUM

DE ELECTRICITATE.

748. Quaedam esse corpora, quae proprietatem habeant alliciendi ad se levia corpuscula, veluti paleas, festucas, plumulas, metallicas bracteas, eaque, postquam aliquamdiu detinuerint, a se repellendi, ab antiquis usque temporibus notum fuit (1). Quumque hanc proprietatem praecipuo quodam modo in succino vehementer perfricato, quod ἤλεκτρον etiam vocabatur, veteres deprehendissent; hinc temporis progressu, etiam reliqua naturae corpora, quae hanc virtutem praeseferre repertum est, *electrica* fuerunt appellata; et proprietas ipsa *electricitatis* nomen accepit. Etsi vero horum, alio-

(1) Electri, nec non magnetis disertam mentionem facit Plato in Timaeo; quin imo et Thales Milesius hujus proprietatem primitus agnovit, cujus rei gratia electro animam tribuit, ut refert Diog. Laertius in Thaletis vita. Aristoteles de eodem loquitur. Cognitum pariter fuisse Theophrasto Eresio, nec non Dioscoridi, compertum est. Plinius in Hist. natur. L. 37. cap: 3. expresse sic ait: *attritu digitorum accepta caloris anima trahunt electra in se paleas, ac folia arida, quae levia sunt, ac, ut magnes lapis, ferri ramenta quoque.* Ejus memoriam deinde prodiderunt posteris tum Solinus ille Plinii exscriptor, tum Strabo Geographus, tum denique Plutarchus; nec ultra deinde progressa videtur apud veteres electricitatis cognitio usque ad saeculum XVII. Hoc ineunte floruit Gulielmus Gilbertus Philosophus, Medicus Londinensis, qui omnium primus vim electricam in aliis bene multis corporibus, veluti in gemmis, adamante, sulphure, vitro claro, ac lucido, cera hispanica, etc., probe perfricatis ac calefactis, detexit, ut ex ejus *Tractatu de Magnete* anno 1633 edito, lib. 2. cap. 2. liquet. Post hunc proximus incedit Otho a *Guerrike*, ille scilicet Consul Magdeburgensis ob inventam Antliam Pneumaticam celeberrimus, qui quum globum ex sulphure paratum rota circumvolvendum curasset, ac admota manu perfricuisset, deprehendit, minuta levia cujuscumque generis non modo attrahi, verum etiam repelli ab hoc globo; detexit etiam continuationem attractionis per fila, crepitationem globi auditu percipiendam, et lucem electricam in tenebris spectandam. Eamdem virtutem electricam in vitro observavit Rob. Boyle, in cera hispanica Franc. Haoksbee: Academici Florentini *del Cimento* eadem experimenta suis tentaminibus confirmarunt, et auxerunt. Verum saeculo elapso nova huic argumento accessit lux, ex quo ab anno 1733 in eo excolendo egregiam operam navarunt Stephanus Gray Londinensis Scientiarum Academiae, et du Fay Parisiensis Scientiarum Academiae Sodalis: hi enim suis conatibus nova planeque admiranda detexerunt electricitatis phaenomena. Permultum etiam electricitas debet clarissimo Muschembrekio, qui machinam electricam simpliciorem reddidit, et non solum ab aliis detecta repetiit, confirmavit, et auxit, sed novum, et stupendum invenit concussionis electricae experimentum. Post adhibitam novam hanc machinam ubique gentium praeclarissimi viri excitati sunt, qui hoc Physicae thema longius promoventes nova semper in dies addiderunt, et electricitatem vel imperitis oculis aspectabilem, et manibus tractabilem fecerunt; hinc prodiere tot miracula electrica, quibus tota nunc personat Litteraria Respublica.

rumque ejus generis phaenomenorum caussa adhuc veluti sub nube lateat; tamen, ex hypothesi, *cuidam fluido summe actuoso per terrestria omnia corpora diffuso* tribuitur, quod *fluidum electricum*, vel *ignis electricus* vocari solet. Duplicis generis sunt phaenomena, quae huic fluido debentur, prout illud vel aequilibrii statum in corporibus affectat, vel in jugi torrente, ac continua circuitione constituitur. In priori casu *signa electricitatis obvia* habentur, attractiones nempe ac repulsiones electricae, scintillae, concussiones, et caetera ejusmodi; quae omnia electricitatis signa evanescunt, et corpora ad suum statum naturalem rediguntur statim ac manu tanguntur, vel alia quavis ratione inter ipsa et tellurem communicatio instituitur : in posteriori vero corpora pari modo sunt electrificata ; attamen donec fluidum electricum per ipsa pertransit in jugis torrentis formam, nullum electricitatis signum obvium se se prodit, sed alterius generis phaenomena eduntur, uti sunt calefactio, chemicae decompositiones, effectus magnetici, etc ; quae phaenomena perdurant donec circuitio instituta non abrumpitur, quamvis corpora ipsa, per quae torrens pertransit, manu tangantur. Prioris generis phaenomena, utpote a fluidi electrici aequilibrio et tensione pendentia, *electricitatis staticae*, vel *tensionis* dicuntur ; posterioris vero, utpote pendentia a fluidi electrici motu in jugem ac continuum torrentem se se per corpora diffundentis, *electricitatis dynamicae*, vel *electricitatis per torrentes se se diffundentis* appellantur. In hoc itaque capite de electricitate *statica*, in sequenti de electricitate *dynamica* loquemur. Caput istud in septem articulos partiemur, in quorum primo generaliora electrica phaenomena, nec non praecipuas hypotheses pro his explicandis expendemus ; in altero de atmosphaera electrica, de electricis motibus, ac luce electrica loquemur; in tertio de electricitatis Legibus, et mensura ; in quarto de condensatoris, ac phialae Leydensis effectibus ; in quinto de electricitate atmosphaerica ; in sexto de fluidi electrici virtute medicinali ; in septimo denique de reliquis modis, quibus electricitas in corporibus excitatur, raptim verba faciemus.

ARTICULUS PRIMUS

DE GENERALIORIBUS ELECTRICIS PHAENOMENIS, ET DE PRAECIPUIS HYPOTHESIBUS, QUARUM OPE ELECTRICA PHAENOMENA EXPLICARI SOLENT.

749. Multis abhinc annis apud Physicos exploratum fuit, non omnia naturae corpora hac proprietate alliciendi, et a se repellendi corpuscula leviora gaudere, seu *electricitate proprie dicta* donari. Hinc ad rem praesentem quod attinet, corpora universa in dupli-

cem veluti classem illi dispescere solebant, in *electrica* nempe *per se* seu *idioelectrica* (1), quae probe confricata semper electricitatis manifesta praebent indicia, cujusmodi sunt succinum jam memoratum, vitrum, gemmae, crystallus, resina, sulphur, alumen, cera obsignatoria, porcellana, pix, ligna sicca, fila serica aut ex lino, animalium pelles, pili, cornua, ungues, avium plumae, aer purus et siccus, et alia innumera; et in *anelectrica* (2), quae utcumque perfricentur, nulla produnt electricitatis signa; talia sunt praecipue animalia glabra, metalla, terrae humidae, aqua, vapores, omnia denique corpora fluida et humida sive madefacta, ligna viridia, acida mineralia, et aquae salibus refertae. Ut autem explorare possent electricitatem, quam corpora ex perfricatione produnt, diversa Instrumenta Physici concinnarunt, quae *electroscopia* appellare consueverunt. Inter ea usitatius est *pendulum electricum*, quod nihil aliud est, nisi globulus levissimus ex medulla sambuci filo lineo, cannabino, vel serico suspensus (Fig. 101.). Si corpus explorandum, perfricatione sequuta, globulo admoveatur, et statim ab eo attrahatur, manifestum hoc erit electricitatis indicium; sin minus, evidens erit illud nullam, vel saltem minimam electricitatem prodere. Opportunius autem ad id adhibetur tum *acus electrica*, seu *electroscopium* Dni Hauy, tum *electroscopium* Dni Coulomb, quod modo exquisitissimo electricismi praesentiam indigitat (3).

750. Quamvis autem corpora anelectrica nullum ex perfricatione electricitatis indicium prodant; jam ab anno 1729 Stephanus Gray primus omnium observavit haec eam habere virtutem, ut aliquando electrica apparere possint, et fluidum electricum ex corpore in corpus ad ingentem distantiam traducere valeant; id quod semper evenit, ubi corpora idioelectrica quavis ratione ita contingant, ut cum tellure nullo modo communicent. Sub hoc respectu corpora anelectrica vocantur etiam *electrica per communicationem*, et *deferentia*, italice *corpi conduttori, e deferenti*: corpora vero *idioelectrica*, *coercentia*, seu *cohibentia* (*coercenti*, *e coibenti*) dicuntur: illa namque quamvis nullam ex se electricitatem habeant, liberrime tamen per totam suam superficiem traducunt electricum fluidum ipsis a corporibus electricis communicatum; ista autem illud cohibent ac coercent, seu in seipsis retinent electricum fluidum perfricatione excitatum, quin illud in tota ipsorum superficie diffundatur; adeoque et aliis corporibus difficillime transmittunt. Corpus autem corpori cohibenti insistens, vel ab eodem suspensum, veluti si scabello vitreo superimponatur, vel vittis sericis appendatur, di-

(1) Ab ἴδιος, proprius, et ἤλεκτρον.

(2) Ab α privativa, et ἤλεκτρον.

(3) Vide Pouillet, Phys. Lib. III. Sect. II. C. I. n. 189.

citur *separatum*, vel *insulatum* (*isolato*). Hinc quamvis veteres statuerint corpora *idioelectrica* esse *cohibentia*, et viceversa corpora *anelectrica* esse *deferentia*; hodie tamen compertum est, quaelibet corpora esse electrica, seu duas diversae electricitatis species (de quibus infra) in quolibet corpore *in statu combinationis* existere; perfricationem autem has duas electricitates *separare*, quae aliquamdiu in corporibus *idioelectricis* disjunctae perdurant; e contrario in corporibus *deferentibus* statim combinantur, ubi illa non fuerint insulata. Haec est vera corporum differentia quoad electricitatem a recentioribus Physicis accepta.

751. Corpus quodvis deferens, quod ab idioelectrico, seu cohibente, electricitatem accepit, vocatur etiam *Conductor*. Conductoris vocabulum Desaugulerius invexit; omnibus tamen Physicis mire placuit; nam *conductoris* ope torrentis electrici cursum, quo libuerit, *ducere* possumus. Conductores, qui omnibus melius electricum torrentem dirigunt, sunt metalla ; cuprum , et aurum melius conducunt quam platinum , stannum , ferrum , et plumbum. Sequuntur deinde aqua, et recentia vegetantia; et generatim corpora deferentia eo melius electricitatem conducunt , quo magis conducunt caloricum, et plus in se continent humiditatis. Hinc patet, electricitatem, quae in machina electrica, (de qua mox) per longum temporis intervallum aere puro et sicco servatur, ubi aer humidus evadat, facile per vapores trajici, et dissipari. Patet etiam , corpora vel maxime cohibentia, ubi per aqueos vapores humectentur, electricismum probe *conducere* posse. Quare etsi haec proprietas electricum conducendi in corporibus a diversa eorum substantia pendeat, ab innumeris propemodum aliis caussis pendet, quarum efficaciam non ita facile determinare licet. Hinc jure merito censet D. Pouillet (1) satius esse corpora in *magis* vel *minus deferentia* (*buoni, o cattivi conduttori*) dispescere , quam in *deferentia* , et *cohibentia* : nullum enim est corpus, quod electricitatem aliquo modo non *conducat*.

752. Ut autem plurimum fluidi electrici ex corporibus hujus generis Physici evolverent , et pro suo lubitu electricorum phaenomenorum studio operam darent , *Machinam Electricam* ita dictam concinnarunt. Diversi generis sunt ejusmodi machinae ; usitatior autem est illa, quae *Machina electrica communis* dici solet, ab Othone Guerikio primum inventa, ab aliis deinde perfecta , quaeque tribus partibus essentialibus constat, nempe 1.° ex *vitreo cylindro* (Fig. 102.), aut *disco mm'*, in tabellarum compage NN' ope axis infixo: 2.° ex *duobus*, vel *quatuor pulvillis* GG' ex pelle confectis, crine repletis, et stannea amalgama, vel deuto-sulphuro stanni (quod vulgo *oro musivo*

(1) Pouillet loc. cit. n. 190.

appellatur) linitis, inter quos cylindrus, aut discus ope manubrii ejus axi aptati in gyrum volvitur, ac in utraque sua superficie perfricatur: 3.° ex *conductore insulato xx'*, scilicet ex tubo metallico probe laevigato, rotundo in una sui extremitate, asperitatibus, prominentiis, angulisque ubique destituto, cuspidibus vero acuminatis instructo in extremitate altera, quae disco admoveri debet, ut fluidum ab eodem collectum facilius, et copiosius absorbere possit. Ut autem hic conductor fluidum electricum a disco receptum diu retinere valeat, neque alio illud deferre, columnis vitreis R, S, gummi, vel cera hispanica illitis innititur; quum enim vitrum, gummi, etc. sint corpora *cohibentia*, impediunt conductoris communicationem cum aliis corporibus deferentibus, quae cum tellure ipsa communicant. Conductor ita dispositus, *insulatus* dicitur. Ita etiam in corporibus quibuscumque electricitas excitari potest: ad id consequendum *insulari* debent, et cum machinae conductore quavis ratione communicare. Quod si in corpore humano electricitas excitanda sit, imponitur illud *scabello electrico*, quod *isolatore* Itali vocant, nempe communi quodam scabello vitreis pedibus praedito: nam homo ita constitutus manu conductorem tangens, vel apprehendens catenam quamdam metallicam, quae a Machinae conductore pendet, electricitatem recipiet; quum autem eum tellure ipse non communicet, omnem acceptam electricitatis copiam in se retinet, in iisdemque positus est circumstantiis ac conductor insulatus; ejus capilli eriguntur, ac quemdam splendorem emittunt; et a toto ejus corpore etiam scintillae elici possunt. Quandoque etiam ut valentior electricitas habeatur, plures conductores adhiberi solent. Hae sunt praecipuae machinae electricae partes, ex quarum varia dispositione oritur ipsarum machinarum varia denominatio (1). Accuratiorem earum descriptionem, necnon et aliarum, quas Van-Marum, et Nairne confecerunt, legas, si libet, in Pouillet (2).

(1) Hic quaedam veniunt notanda: 1.° quo amplior fuerit disci superficies, eo major fluidi electrici copia evolvitur. Machinae, quarum discus diametrum trium vel quatuor pedum excedit, omnibus electricis phaenomenis nitide edendis pares sunt 2.° amalgama, qua pulvilli liniri debent, ex una parte stanni puri, una zinci, et duabus mercurii partibus componitur, atque pulvillis cera et sebo prius confricatis applatur: 3.° in machina, cujus discus fuerit trium vel quatuor pedum diametri, conductoris longitudo pariter trium aut quatuor pedum esse debet; ejus autem crassities quinque aut sex pollicum. Conductores fieri possunt etiam ex charta glutine inspissata, et bracteis metallicis obducta. Columna, vel columnae vitreae conductorem insulantes, altitudinem ad minus unius pedis cum dimidio habeant oportet; et quo exiliores sunt, eo magis electrici diffusionem impediunt, ut inferius videbimus: 4.° aere puro et sicco major electricismi copia evolvitur; aere autem humido electricitatis effectus minuuntur, vel omnino cessant; tunc enim aeris humiditas super disci superficiem exilissimum vaporis aquei stratum deponit, quod maximum fluido electrico evolvendo est obstaculum. Huic incommodo occurritur duas disci facies oppositas sebi strato a centro ad circumferentiam liniendo; ejusmodi namque crassamentum impedit vaporis aquei depositionem.

(2) V. Pouillet, loc. cit. n. 199.

753. Possumus itaque concipere quomodo materia electrica ex disci affrictu evolvatur, et in *conductoris* superficiem colligatur. Ex omnium Physicorum confessione, fluidum electricum in omnibus generatim corporibus est plus minusve diffusum; sed *globus terrestris*, et *atmosphaera* illum ambiens videntur esse hujus materiae *commune ac universale receptaculum*. Ubi itaque vitreus discus super machinae polos celeriter convolvitur, et a pulvillis perfricatur, vim electromotricem excitat ille affrictus(1); unde aequilibrium naturale fluidi electrici in disco et in pulvillis contenti abrumpitur; hinc materia electrica in pulvillis antea inclusa, vel ipsos ambiens in disco accumulatur, ex quo per cuspides acuminatas in *conductorem* transit: prout hoc fluidum ex disco effluit, nova electricitatis copia ex communi receptaculo statim affluit, quae prioris locum occupat: hujus posterioris aequilibrium pariter abrumpitur, et eodem modo ac antea in *conductorem* accumulatur, suumque alteri advenienti locum cedit, et sic deinceps. Tota igitur hujus apparatus summa huc redit. Ex disci confricatione fluidum electricum a pulvillis et disco in *conductorem* per cuspides acuminatas transit, in cujus tota superficie accumulatur; qui pulvilli, si forent insulati, toto suo fluido naturali orbarentur, et omnis subsequens fluidi diffusio super discum cessaret; sed jacturam illam illico compensat nova fluidi copia, quae ex communi receptaculo per pulvillos ad discum allabitur; eaque est ratio, cur pulvillis appendatur metallica quaedam catena, quae cum tellure communicat, ab eaque electricum fluidum recipiens, pulvillis discoque distribuit (2).

754. Pulvillos autem confricantes, et discum confricatum post aliquot rotationes viribus electricis diversae indolis praeditos reperiri, seu duos diversae ac oppositae electricitatis status exhibere, experientia compertum est. Si namque pulvilli insulentur,

(1) Iamdiu a Physicis quaesitum fuit qua ratione perfricatio electricitatem evolvat; sed nihil certi hac in re adhuc statui posse omnes consentiunt. Concussio equidem, ad quam confugimus pro hoc phaenomeno explicando, ut hanc actionem aliquo modo iuvenes concipiant, non est adeo valida, ut effectum illum gignere possit; alioquin quaelibet corpora in status sui mutatione, ubi semper partium aliqua concussio, ac remotio locum habet, electricitatem evolvere deberent, id quod fieri non videmus. Existunt igitur aliae caussae hujus effectus, quae nos prorsus latent. Sunt qui putant, perfricationi, quae electricitatem gignit, semper quamdam chemicam operationem conjungi, qua impedita nullus electricitati locus est. Haec hypothesis, quam D. Wollastonius invexit, et hodie magni nominis Physici sequuntur, non omnia quidem phaenomena explicat, sed permultis difficultatibus luculenter occurrit. Vide Pouillet lib. III. Sect. IV. n. 266, et Pianciani lib. III. Sect. IV. Cap. 29.

(2) Ut machina uberiori fluidi electrici copia onerari possit, collocari debet in cubili, quod neque partem aedium superiorem occupet, neque pavimentum habeat ligneum vel ex lateribus; quum enim in his casibus a tellure distet, et pavimenti materia electricitatem non bene conducat, catena pulvillis appensa parvam fluidi electrici quantitatem a communi receptaculo attrahit. Expedit tunc potius catenam cupreo filo adnectere, quod per cubilis externum parietem transiens, in parte humida telluris, vel in alicujus putei exterius positi fundo desinat.

et conduclori, super quem electricum fluidum densatum existit, admoveatur globulus ex sambuci medulla filo serico suspensus, hic allicietur primum, deinde respuetur: si vero pulvillis admoveatur, prius respuetur, ac deinde allicietur: scilicet levia corpuscula, quae a conductore alliciuntur, respuuntur a pulvillis, et vicissim. Hanc diversae indolis electricitatem primus omnium in *vitro*, et *resina* observavit Dufay. Id autem cuique obvium esse potest. Et re quidem vera si duo cylindri, unus ex vitro, alter vero ex resina panno laneo affricentur, ut electrica evadant, ac deinde utrisque admoveantur duo globuli ex sambuci medulla pariter filo serico suspensi, et ab invicem sejuncti, hi electricitatem concipient, et ad invicem attrahentur. Si deinde globulo, qui ex vitreo cylindro electricitatem recepit, rursum idem vitrum, aut adamas, aut felis pelles admoveantur, antea pariter eodem panno affricta, globulus repelletur: si vero resina, cera hispanica, gummi, succino etc., in quibus antea electricismus fuerit etiam frictione excitatus, illum tangas, attrahetur. Contraria omnia in alio globulo evenient. Experientia igitur teste, vitrum et resina oppositae indolis electricitates ex perfricatione concipiunt, quarum una attrahit quidquid alia repellit, et viceversa. Has autem duas oppositae indolis electricitates ita esse comparatas, ut aliquando invicem elidantur, probatur sequenti experimento, quod anno 1753 Kynnerseley primus omnium instituit. Sint duae machinae electricae, quarum una vitreo disco sit instructa, alterius vero discus resina vel sulphure sit obductus. Si seorsim hae onerentur, earum conductores aequalem edent scintillam, et corporum frustula ad aequalem distantiam attrahent. Nisi hae duae Machinae in duobus oppositis statibus electricis forent constitutae, effectus validiores, aut saltem prioribus aequales edere deberent quoties inter duos ipsarum conductores communicatio instituitur, earumque disci simul volvuntur: contrarium tamen evenire videmus; nam iidem effectus vel valde minuuntur ubi unus ex discis minori celeritate rotet; vel omnino cessant, ubi discorum rotatio ita perficiatur, ut Machinae seorsim aequalem scintillam edant.

755. Quamvis vero omnes Physici hos diversae indolis, oppositosque electricitatis status admittant, non omnes tamen de eorum nomine, ac natura consentiunt. Sunt qui putant, *electricum fluidum ex duobus diversis fluidis constare*, quae quia praecipue in *vitro*, ac *resina* se se produnt, idcirco unum *vitreum*, alterum *resinosum* appellant. Alii autem, quum opinentur electricitatem vitri *ex excessu*, electricitatem vero resinae oriri *ex defectu* ejus dosis fluidi electrici, quae naturali corporum capacitati respondeat, ne electrica signa edant, has diversas electricitatis species *unius ejusdemque substantiae modificationes* esse docent, adeoque priorem *positivam* vo-

cant, posteriorem vero *negativam*. Ad duas itaque contrarias hypotheses confugiunt Physici pro electricis phaenomenis explicandis, quarum alteram Symmer proposuit, alteram Franklinius. Priori adhaeserunt DD. Coulomb, Haüy, aliique, et generatim omnes Galliae Physici etiamnum eidem litant; posteriori vero, quam novis excogitatis illustrarunt Oepinus, Tiberius Cavallo, P. Ioan. Bapt. Beccaria, ac percelebris Volta ad perfectionem adduxit, omnes Itali, et Angli adhaerent.

756. Franklinii hypothesis ad sequentia capita reducitur. Fluidum electricum nihil aliud est nisi fluidum quoddam tenuissimum, imponderabile, mobilissimum, ac elasticissimum, in omnibus corporibus, et praecipue in tellure diffusum. Ob naturalem hujus fluidi cum corporibus affinitatem, tamdiu in iisdem latitat, quamdiu ejus dosis respondet naturali corporum capacitati: corpora sic constituta *in statu naturali esse* dicuntur; fluidum autem *in aequilibrio* reperitur. Corpora *cohibentia* majorem illius copiam continent, ac tenacius retinent, quam *deferentia*: corpora vero *deferentia*, quamvis aliquod suapte natura contineant fluidum electricum, eo tamen in copia longe minori praedita sunt; hinc proprii fluidi expertia attrahunt alienum. Ubi fluidum electricum in aequilibrio fuerit, nullus habetur motus, nec ullum edit electricum phaenomenum. Ubi vero natura, vel arte turbetur haec proportio; quando scilicet hujus fluidi quantitas magis in uno, quam in alio corpore accumuletur, sive corpus illud sit *excessu* electricum, hoc autem *defectu*, statim se se prodent electricitatis signa: tunc fluidum superabundans prioris corporis nititur se se diffundere in corpus posterius, in quo deficit; ab eo attrahitur, eique proinde communicatur. In hac diffusione illucescit, auram gignit, et levia corpuscula, in quae incurrit, ita agitat, movet, ac disponit, ut facilline per ipsa se se possit effundere, et ad aequilibrium componere. *Duplicem* itaque Franklinius distinguit *electricitatis speciem*, *positivam* scilicet, et *negativam*: priori vocabulo indicatur *excessus materiae electricae* in corpore; posteriori vero *defectus*: corpus nempe dicitur *positive electricum*, ubi ejus status electricus sit aequalis ei, quem habet *vitrum* laneo panno confricatum, seu ubi ejus fluidi dosis superet electricum fluidum alterius corporis; dicitur vero *electricum negative*, si ejus status ita se habeat, ut est *resina* panno laneo confricata, scilicet si idem corpus comparatum cum alio corpore, minorem in se habeat fluidi electrici quantitatem (1). In priori casu phaenomena producuntur a materia electrica, quae a corpore, ubi est accumulata, in corpora circumjacentia et in tellurem sese diffundit; in posteriori autem originem ducunt a fluido, quod ex cir-

(1) Vide Beccaria Dell' Elettricismo artific. e natur. C. I.

cumjacentibus corporibus et tellure in corpus electrificandum pertransit. Hinc in machina electrica, cujus discus est vitreus, affrictus vim electromotricem excitat, et impendio fluidi in pulvillis contenti electricitas in discum perfricatum accumulatur, unde per cuspides in *conductorem* pertransit; id quod clare patet ex *stellulis luminosis*, quae tunc in ejusmodi cuspidibus illucescunt, quaeque fluidum in ipsas ingredi evidenter ostendunt. Quod si machinae discus fuerit ex resina vel sulphure, non stellulae, sed *flocculi* seu *coni luminosi* suis verticibus in ipsis cuspidibus innixi apparent, qui fluidum inde egrediens indigitant: quare in hoc casu discus *negative* electricus reperitur, pulvilli vero *positive*; conductor autem sui fluidi naturalis jacturam facit, illudque per cuspides disco communicat. Hoc explicandorum electricitatis phaenomenorum systema *unius fluidi systema*, vel *systema mechanicum* appellatur; quia juxta ejus auctorum mentem phaenomena electrica a sola aequilibrii perturbatione oriuntur, seu per simplicem *densationem* et *rarefactionem* fiunt.

757. Putat autem Symmer electricum fluidum ex *duobus fluidis* diversae indolis componi, quae se invicem vel respuunt vel attrahunt: horum alterum *vitreum*, alterum *resinosum* ille vocat, quia illud evolvitur ubi vitrum laevigatum panno laneo confricatur; hoc autem obtinetur ex perfricatione resinae vel cerae hispanicae cum eodem panno. In omnibus generatim corporibus hoc duplex fluidum *in combinationis statu* reperitur diffusum, ac praecipue in tellure, quae est ejus *commune receptaculum*. Quamdiu haec duo elementa suum servant *naturale aequilibrium*, seu in *statu combinationis* existunt, nullum apparet electricitatis indicium: ubi vero frictio, calor, pressio, contactus mutuus etc. illud naturale fluidum in sua elementa decomponunt, in *vitreum* nempe, et *resinosum*, haec duo fluida in statu libertatis posita, et seorsim constituta, magis in unum, quam in aliud corpus accumulantur, ac diversa electricitatis phaenomena producunt: tunc autem in Machina electrica vitreus discus electricitate *vitrea* oneratur, pulvilli vero *resinosa*. Contrarium eveniret in Machina, cujus discus foret ex resina, vel sulphure. Duas itaque electricitatis species admittit Symmer, *vitream* nempe, et *resinosam*; quae voces etsi electricitati *positivae* ac *negativae* in hypothesi Frankliniana respondeant, illud tamen inter eas est discriminis, quod Franklinius putat electricitates his vocibus expressas esse *unius ejusdemque fluidi modificationes*, Symmer vero tamquam *duo fluida diversa* easdem considerat; ejusque systema idcirco *duorum fluidorum*, vel *systema chemicum* vocatur, quia *compositionem* et *resolutionem* ponit.

758. Nobis non vacat heic inquirere quaenam ex his hypothesibus probabilior habenda sit; nec Nolleti, De Luc, aliorumque theorias exponimus, quippe quae ut minus probabiles jam in desuetudinem

abierunt. Nullum etiam verbum faciemus de nova tum Oerstedii, tum Fusinieri sententia, qui phaenomena electrica non cuidam sui generis fluido asserunt tribuenda, sed eadem a viribus ipsi materiae ponderabili inhaerentibus, ope cujusdam specialis artificii excitatis, pendere docent: haec enim hypothesis necdum satis a suis inventoribus fuit declarata, nec omnibus electricitatis phaenomenis explicandis inservit. Franklinii hypothesim in hac tractatione sequemur, tum quia factis et rationi magis consentanea nobis videtur; tum quia explicandis phaenomenis electricitatis dynamicae melius inservit; tum denique quia hujus Physicae partis inventores, et Itali Physici fere omnes illam adoptarunt.

ARTICULUS SECUNDUS

DE ATMOSPHAERA ELECTRICA, NEC NON DE MOTU ATQUE LUCE ELECTRICA.

759. Plura sunt, ut diximus (756) indicia, quibus se se prodit abruptum in corporibus electrici fluidi aequilibrium. Inter praecipua vero recensentur *aura*, *motus*, et *lux*. Sed antequam de his phaenomenis loquamur, quaedam praemittere oportet. Et primo quidem, experientia compertum est, corpus quodcumque electricum evadere ubi in aere insuletur, et communicatio instituatur inter ipsum et machinae electricae conductorem. Corpus ita insulatum, in quo fluidum electricum a machinae conductore, vel aliunde quovis modo extractum accumulatur, *positive onerari*, vel *electrificari* dicitur; dicitur vero *onerari* vel *electrificari negative*, quoties ab eo aufertur fluidum ipsi naturale, illud conductori vel alii cuilibet corpori in statu negativo existenti transmittendo. Corpus aliquod *exoneratur*, vel *ad statum naturalem redigitur*, quoties fluidum superabundans ab eo aufertur, vel ipsi communicatur quantitas fluidi, quae eidem deest; haec autem exoneratio fit instituendo communicationem inter datum corpus et tellurem mediante aliqua substantia deferente. Scintillae eliciuntur ope cujusdam exilis cylindri ex aurichalco in globulum desinentis, quod *excitator* vel *exonerator* vocatur; ubi autem in hac exoneratione materiae electricae transitum per corpus nostrum impedire cupimus, exoneratorem manubrio vitreo instructum (Fig. 115) adhibere debemus. Ubi corpus humanum sit electrificandum, scabello electrico, ut diximus (752), imponendum est. Ad usum eumdem inserviunt placentae ex resina, vel trunci conici ex sulphure, quibus homo electrificandus imponitur: haec conditio pro electricitate in corpore humano excitanda adeo est necessaria, ut homo ita insulatus aliquando electricus reddi possit etiam abrupta omni communicatione cum Machinae ele-

ctricae conductore, et simpliciter illius dorsum nudatum felis pelle perfricando (1). Aer, utpote cohibens, impedit ne fluidum electricum in conductoribus accumulatum vi suae expansivae obediat, et alio diffundatur. Electricum fluidum itaque nisum quemdam exercet, ut in aequilibrio se se constituat: hic nisus vocatur *tensio*; haec autem esse potest vel *positiva*, vel *negativa*; in illa fluidum electricum a conductore, super quo accumulatum est, evadere nititur; in ista vero fluidum corporum circumjacentium et telluris in corpora, in quibus deficit, se se diffundere nititur.

760. Quoties corpus aliquod ita electrico fluido oneratum est, ut manifestam quamdam tensionem ostendat, si manum aut vultum eidem admoveamus, subfrigidam auram persentiscimus, quae leniter cutem vellicat. Hanc vellicationem, quae *aura electrica* appellatur (quaeque ortum ducit ex vi, qua redundans electricum fluidum disjicit a se contiguum aerem aeque redundantem, vel ex vi, qua corpus exutum fluido electrico propellit a se circumpositum aerem), in majori vel minori distantia sentimus, pro majori, vel minori ejusdem fluidi tensione. Fumus resinae versus machinae electricae *conductorem* elevatus ab ipso attrahitur, et circum ipsum in parvae atmosphaerae modum componitur, ac detinetur: levia corpuscula, quae in ipsum immerguntur, illico etiam attrahuntur. Ex quo intulerunt Physici, fluidum electricum circa corpora electrificata quamdam *atmosphaeram electricam*, seu *activitatis sphaeram* constituere, cujus actionem, seu *influentiam electricam* sentiunt omnia alia corpora, quae illam subeunt, quin suae electricitatis partem vel minimam amittant.

761. Conductori B electrificato sensim admoveatur alius conductor A inferioris molis (Fig. 103.) vitrea columna insulatus, e cujus parte extrema *a* duo globuli *a'* et *b'* ex sambuci medulla pendeant, lineis filis appensi. Posito conductore A in aliqua a conductore B distantia, duo globuli ab invicem separantur, seu repelluntur. Remoto autem conductore A a conductore B, statim globuli ad invicem accedunt, et in priori verticali directione se sistunt. Hoc experimentum perspicue ostendit, fluidum electricum, quod *activitatis sphaeram* in corpore B constituit, super corpus A in statu naturali positum in certa quadam distantia agere, ac parem in illud electricitatem *inducere*; nam globuli quum se invicem repellant, electricos evasisse demonstrant; quum autem, ubi a conductore B removentur, ad se invicem accedant, et in suum statum naturalem redeant; patet, nec ipsis, nec conductori A aliquam electricitatis quantitatem

(1) Pili, quibus felis et quorumdam aliorum animantium pelles instructae sunt, excitandae electricitatis vim in se continent (749). Perfricando igitur manu sicca ejusmodi animantium dorsum, tanta electricitas excitari potest, ut ex extremitate aurium eorum parvae scintillae etiam eliciantur.

fuisse communicatam. Haec *electricitas inducta*, quae absque diffusione proditur, et tamdiu perdurat, donec conductor A in sphaera activitatis conductoris B reipsa electrificati permanet, ab illustri Volta *accidentalis*, vel *electricitas inductionis* vocatur; ab aliis vero, quibus *inductionis* vocabulum ad explicanda electricitatis dynamicae phaenomena opportunius adhibere placuit, *electricitas actuata*, vel *electricitas per influxum*, seu *per influentiam* appellatur.

762. Idem omnino eveniret si machinae electricae conductor B electricitate negativa oneratus foret; nisi quod tunc globuli a', b' electricitate pariter negativa imbuerentur: ex quo infertur, corpora in atmosphaeram electricam immersa electricitatem *contrariam* recipere in ea sui parte, quae corpori actuanti propius accedit; electricitatem *homologam* in parte remotiori. Ut autem certo dignoscas quanam electricitatis specie praediti sint globuli, iisdem admoveas vitrum, aut ceram hispanicam antea perfricatam; si enim admoto vitro, magis ab invicem recedent, eorum electricitas erit *positiva*, seu *vitrea*: si ad invicem magis accedent, eadem erit *negativa*, seu *resinosa*: et viceversa, si ope resinae globuli ab invicem divergent, eorum electricitas erit *negativa*, vel *resinosa*; si convergent, erit *positiva*, vel *vitrea*.

763. Sit conductor A satis longus (Fig. eadem), a quo ex variis suae longitudinis punctis plures bini globuli sambucei pendeant. Conductori B virtute electrica positiva imbuto hic ita admoveatur, ut ab una sui parte extrema illius electricam atmosphaeram subeat: observabis, globulos ex utraque parte extrema tum inde pendentes maxima distantia inter se divergere; globulos vero in intermediis partibus sitos, distantia minori; illos denique, qui in puncto medio sunt, nulla inter se divergentia separari. Existit itaque in conductore A in atmosphaeram electricam conductoris B immerso *linea quaedam neutra*, quae limitem indicat inter electricitatem positivam, et negativam ejusdem atmosphaerae, quae in ipsum agit: quum enim conductor influens B electricitate positiva praeditus sit, globuli a viciniori extremitate conductoris A pendentes ob electricitatem negativam inter se divergunt; globuli vero extremitatis remotioris ob electricitatem positivam: quumque globuli in priori serie minus divergant, quo ad lineam neutram propius accedunt, in hac linea constituantur in statu naturali; ac deinde rursus divergant, quo longius ab ea recedunt; hinc statuere possumus, *corpora in atmosphaeram electricam immersa ab electricitate contraria in homologam transire, et a maxima illius efficacia ad efficaciam maximam hujus*. Quod si conductori A per conductorem B electrificato admoveas extremitatem alterius conductoris C insulati, sed in statu naturali; perspicies, globulos magis inter se divergere, ubi hic in extremitate *a* illi admoveatur; convergere au-

tem, ubi extrĕmitati *b* accedat. Ex hoc experimento patet, non modo conductorem A electrificatum *influere* in conductorem C in statu naturali existentem, sed etiam hunc in illum : hic enim quum alterutram extremitatem illius vicissim respiciat, versus alterutram fluidum electricum trahit : ubi extremitatem *b* respicit, globuli, qui majorem, vel minorem electricitatis imminutionem sentiunt, sensim minus divergunt, et quandoque inter se uniuntur ; ubi vero extremitatem *a*, a qua globuli pendent, respicit, hi ejus augmentum recipientes, magis divergunt. Manifestum itaque est, *corpora in atmosphaeram electricam immersa, reactionem exercere in corpus electrificatum, cujus influentiae subjiciuntur*.

764. Plures conductores insulati C, D, E (Fig.104.), inter se brevissimo intervallo disjuncti, post conductorem B in statu naturali constitutum disponantur. Ubi conductorem *positive* electrificatum A conductori B admoveas, videbis scintillam quamdam emicare in omnibus intervallis inter B, C, et D, etc. interjectis ; ac deinde reperies conductorem B *negative* electrificatum in extremitate *n*, *positive* autem in opposita extremitate *p*; hunc vero conductorem evadere *actuantem* respectu sequentis conductoris C, qui *negative* electrificatus evadit in extremitate n', *positive* autem in extremitate p' ; atque ita porro, usque ad ultimum E, qui in sua extremitate p''' reperietur electricitate *positiva* et homologa electricitati conductoris A oneratus. Si vero conductorem *actuantem* A removeas, rursus scintillulae emicabunt, et conductores omni electricitate destituentur. Quumque conductorem quemlibet aliquantulum longum tamquam parvorum conductorum inter se conjunctorum seriem considerare possimus ; evidens est pariter, hunc conductorem ex una sui extremitate atmosphaeram electricam alterius conductoris subeuntem, *diversa* electricitate in hoc extremo imbui, in alio vero extremo electricitatem conductori influenti *homologam* induere.

765. Quod si tres conductores B, C, D, ex. gr. in atmosphaera electrica conductoris A eodem modo disponantur; ac deinde, remoto prius medio conductore C, machina exoneretur, globuli ex conductoribus B, et D pendentes inter se divergentes manebunt, quamvis electrica influentia deficiat. Demonstrat hoc experimentum, *corpora electricitatem servare posse etiam tum, quum ab atmosphaerae electricae influentia subtrahuntur*. Conductores enim vi hujus influentiae statum naturalem amittunt : at si deficiente influentia, electricitas non ita diffundi potest, ut in statum naturalem illi redeant, tunc electricitate imbuti remanere debent : id quod toties evenit, quoties remoto conductore C, reliqui duo insulati remanent, eorumque electricitas nullatenus inter eos aequabiliter diffundi potest, et ad aequilibrium rursus se componere. Illud autem est ani-

madvertendum, influentiam tum maximam suam efficaciam exercere, quum aer fuerit siccus, ac proinde cohibens, tum scilicet, quum activitatis radius est valde sensibilis; si enim inter corpus electrificatum, et corpus in statu naturali interjectum fuerit medium densum, ac spissum, uti sunt vitrum, et resina, activitatis sphaera ad minimam distantiam se exerit. Ut igitur influentiae electricae effectus trans vitrum, et resinam observentur, exiliora haec sint, oportet. Qui accuratiores notitias hac super re sibi comparare cupit, adeat *Physicam Josephi Belli*, Vol. 3, et *Physicam C. Matteucci*, Lect. XXXV.

766. Haec influentiae electricae phaenomena occasionem Physicis praebuerunt, ut diversae speciei *electroscopia* (praeter ea, de quibus num. 749 mentionem fecimus) concinnarent, quorum ope electricitas, qua imbuuntur, diutius servari potest, et vires electricae in ipsa agentes approximatione quadam aestimari. Eorum diversas species, ac usum legas in Pouillet, si volupe tibi fuerit(1). Haec pariter iisdem opportunitatem dederunt, ut instrumentum ad tensionem et quantitatem electricitatis atmosphaerae electricae explorandam excogitarent, *electrometrum* dictum, quod diversimode construi solet. Duo globuli sambucei *a*, *b* (Fig. 105) filis lineis *ca*, *db* appensi in vase vitreo AB (2), ex quo exterior, et satis longa virga acuminata *ce* prominet, electrometrum constituunt. Statim ac virga in atmosphaeram electricam immergitur, globuli divergere incipiunt; fiuntque excessu, vel defectu electrici, prout atmosphaera ipsa vel positive, vel negative electrica fuerit. Tiberius Cavallo (et post eum Saussure) globulos suspendit filis argenteis mobilissimis in exilioribus ex argento annulis: hoc instrumentum vocatur *electrometrum globulis instructum* (elettrometro a palline). Volta adhibuit duas paleae siccae festucas sibi invicem parallelas, et in annulis argenteis admodum mobilibus suspensas; idcirco hoc vocatur *electrometrum ex paleis* (elettrometro a pagliuzze). Bennet substituit paleis duas tenuissimas auri bracteas; ejusque electrometrum, quia vel minimam indicare valet electricitatem, *micrometrum electricum Dni Bennet* vocari solet. Sed haec instrumenta adhiberi tantum possunt, ubi agitur de exploranda remissioris electricitatis tensione. Ubi autem electricitatis tensio amplior fuerit, utilius adhibetur *electrometrum ad quadrantis formam* (elettrometro a quadrante), quod Henly anno 1792 confecit. Consistit hoc in eburneo, vel chartaceo semicirculo *abc* (Fig. 106.) in gradus 180 dispertito, cylindro ferreo aut ligneo *ad* adnexo, et super Machinae conductorem insistenti. Ex semicirculi centro pendet metallica, vel lignea

(1) Phys. loc. cit. n. 197.

(2) Hujus generis instrumenta ideo in vasis vitreis includuntur, ne quando aeris agitatio potius, quam electricitatis actio motum in illis gignat.

virgula tenuissima, et levissima *ef*, globulo subereo, vel sambuceo *f* terminata, quae super suum axem facillime moveri possit. Hoc parvum pendulum antequam conductor electricitate imbuatur, gravitate sua tendit ad telluris centrum; statim vero ac machina onerari incipit, a perpendiculo recedit, tantoque magis, quanto major electricitatis copia in conductore densatur, adeo ut ad *b* usque ascendat; idque semper accidit, sive positiva fuerit electricitas, sive nagativa. Gradus itaque ascensus a pendulo descripti, gradus *inductae* electricitatis *relativae* aliqua ratione dimetiuntur: *relativae* diximus, non autem *absolutae*; quum enim quodlibet corpus ex sua naturali constitutione aliquam constanter fluidi electrici copiam in se retineat (751.); hoc fluidum, utpote minime liberum, non agit; ac proinde absoluta ejus quantitas dignosci nequit. Praeterea pars aliqua vis electricae impendi debet ad superandam gravitatis vim, qua pendulum ad lineam verticalem tendit, eoque magis, quo angulus obliquitatis ejus augetur. Pro accurata electricitatis mensura nullum est aptius instrumentum, quam *torsionis bilanx* a Coulombio inventa, cujus descriptionem inferius exponemus: electrometris autem non nisi pro indicanda generaliori quadam ratione tum fluidi electrici praesentia, tum ejus qualitate, et augmento, vel diminutione utimur; quocirca *electroscopia* melius vocari possent.

767. Iisdem etiam principiis nisus illustris Alexander Volta apparatum construxit, quem *electrophorum perpetuum* ideo vocavit, quia electricitatem sibi impressam diutius servat. Duae sunt hujus instrumenti partes, nempe *lanx* (vulgo *il piatto*) metallica vel lignea AB (Fig. 107.) perpolita, ac rotunda, in sua cavitate quamdam resinae, picis, vel cerae hispanicae placentam continens; et *operculum* rotundum CD (vulgo *lo scudo dell'elettroforo*) laevigatissimum, ex materia, quae electricitatem conducere valeat, ex auricbalco scilicet, vel etiam ligno inaurato, cujus diameter uno, vel duobus pollicibus diametro placentae sit minor, quodque manubrio vitreo *m* sit instructum. Excitatur electricitas placentae superficiem felis pelle siccissima, vel vulpis cauda perfricando; deinde operculum eidem placentae eo modo superimponitur, quem figura iudicat: statim globuli pendentes ab extremitate metallicae virgae in superiori operculi superficie constitutae, inter se divergunt electricitate negativa; ubi vero operculum ope manubrii attollatur, statim convergunt, et clauduntur. Si, ablata hac virga globulis pendentibus instructa, operculum placentae apprimas, ac manus dexterae pollice superiorem ejus superficiem tangas, indice vero inferiorem laucis faciem, ut inter ipsas instituatur communicatio, scintillam elicies majorem vel minorem, pro majori vel minori instrumenti amplitudine, et prout tempus magis electricitati favet. Si de-

inde operculum ope manubrii cohibentis attollas, et digiti articulum ad ipsius oram admoveas, alteram scintillam elicies. Si, imposito rursus operculo super placentam, eodem modo illud tangas, ac denuo attollas, alteram scintillam, digitum admovendo, iterum elicies; eosdem semper obtinebis effectus hac operatione centies repetita: nam id commodi habet electrophorum, ut electricitatem sibi impressam diutius servare valeat, quin identidem frictione excitetur; adeoque aliquando ipsi Machinae electricae utiliter substitui potest. Ejus usus maxime praestat in Chemicorum officinis, ubi electricitatis ope oxygenium cum hydrogenio Chemici combinare aggrediuntur, aliasque ejusmodi operationes perficere.

768. Hujus instrumenti effectus ex principiis superius statutis ita explicantur in Franklinii theoria. Electricitas, quae in resinae placenta excitatur, eidem tenaciter adhaeret; adeoque operculum ipsi superimpositum, quum in negativa atmosphaera reperiatur, electricitatem per influxum acquirit, positivam quidem in parte inferiore, negativam in superiore: hinc in placentae contactu electricitate negativa imbutum videtur, ab ea vero remotum rursus ad statum naturalem revertitur. Facies itaque operculi superior in statu electrico negativo constituta, ad statum naturalem redire nititur: id quod obtinetur, quoties operculum cum lance, vel cum tellure digiti ope communicat: eadem superior facies ad statum naturalem redit, dum facies inferior electricitate positiva, quam resinae influentia ibi retinet, praedita est: hinc ubi operculum attollitur, in statu positivo reperitur, et scintillam emittit.

769. Nunc de *motibus electricis* pauca. Quoties leve corpus insulatum, uti est globulus sambuceus filo serico suspensus, conductori electrificato machinae electricae admovetur, statim ab eo attrahitur, statimque repellitur, et quidem violentius pro electricitate majori: quod si corpus admotum non fuerit deferens, attrahitur quidem, sed nonnisi sensim et lentissime repellitur. Hoc *attractionis*, et *repulsionis electricae* phaenomenum ex eo repetunt Frankliniani, quod globulus in conductoris atmosphaeram electricam ingrediens electricitates contrarias acquirit in utraque ex oppositis faciebus, anteriore scilicet, et posteriore; ita quidem quod si conductor fuerit *positive* electricus, facies globuli anterior, seu conductorem respiciens, electrica *defectu* evadit, facies vero posterior electrica *excessu*. Quum itaque facies globuli anterior *defectu* electrica electricitatem *positivam* recipere pergat, aeris resistentiam superat, et se conductorem versus dirigit. Si vero conductor *negative* electricus fuerit, electricitas *positiva* faciei anterioris ejusdem globuli ad conductorem tendit, aeris resistentiam vincit, secumque globulum trahit: hic vero conductorem tangens electricitatem recipit, quae a conductoris electricitate rejicitur, et in faciem posteriorem

a conductore magis remotam evibratur: hinc aerem eidem ibi obsistentem urget majori nisu, quam in facie anteriori, quae conductorem respicit; adeoque turbato aequilibrio, globulus movetur, tamquam si foret a conductore rejectus.

770. Ubi vero leve corpusculum conductori electrificato admotum satis deferens non fuerit, pari celeritate fieri nequit repulsio: quum enim electrificatum conductorem tangendo difficulter electricitatem recipiat, aliquod temporis intervallum intercedat necesse est, ut ea, quantum capacitati suae fuerit satis, imbuatur. Ex. gr. levis pluma, vel chartae frustum conductori electrificato admotum eidem tenaciter adhaeret, indeque nonnisi aegre distrahitur. His positis, intelligitur etiam actio mutua, quam duo levia corpuscula electrificata inter se exercent. Duo globuli sambucei A, et B (Fig. 108.) sericis filis *a*, et *b* appensi electricitatibus homologis sint praediti. Si ambo fuerint *excessu* electrici, electricitatem aeri, qui facies *c*, et *f* tangit, communicare nituntur, ipsum premunt, et utrinque urgent: si fuerint electrici *defectu*, electricitatem sibi deficientem ab aere easdem facies *c*, et *f* premente comparare aggrediuntur. Sive igitur electricitate redundent, sive deficiant, duae facies *d*, et *e* mutuum contactum servare nequeunt, et pro electricitate vel communicanda, vel recipienda, aeri faciebus *c*, et *f* circumposito obsistere debent: inde fit, ut inter se repelli videantur, ac per *h*, et *t* moveri. Quod si globulus A excessu sit electricus, B autem defectu; quum electricitates oppositae in faciebus *d*, *e* se mutuo respicientibus accumulentur; aer ibi interpositus efficaciori vi disjicietur: indeque aer a tergo utriusque globuli existens, elasticitate sua, vique expansiva, et ad aequilibrium tendente praevalebit, globulos ab ipso tergo urgebit, atque ita ad mutuum accessum eosdem compellet.

771. Pro motibus igitur electricis hoc principium generale tamquam luculentissimum theorema statui potest: *corpora leviuscula, quae homologa electricitate praedita sunt, ab invicem discedunt, seu se mutuo repellunt: ubi vero diversa electricitate sunt imbuta, ad se invicem accedunt, seu se mutuo attrahunt: ubi denique corpus in statu naturali existens corpori electrificato admoveatur, prius attrahitur, et postea repellitur.* Hi tamen motus in medio deferente, ac in vacuo omnino cessant; tunc enim electricitas ibi fertur, ubi efficacius attrahitur.

772. Ex hoc pro motibus electricis theoremate innotescit ratio, cur metallicus globus A serico filo suspensus (Fig. 109.) alternatim impingat in duo tintinnabula, quorum alterum B filo metallico suspensum cum conductore electrificato, et alterum C suspensum filo serico cum tellure communicet. Quando enim globulus accedit ad tintinnabulum B, electricus evadit aeque ac ipse conductor, cum quo tintinnabulum B communicat; quumque globulus a seri-

co filo insulatus sit, electricitatem a conductore ope tintinnabuli B haustam retinet, eamque defert ad tintinnabulum C, ex quo fluidum electricum in tellurem praeterfluit : hinc globulus iterum accedit ad B, et ad C revertitur ; adeoque fit, ut globulus alternatim inter tintinnabula oscillando, suosque itus, reditusque reciprocando, utrumque tintinnabulum vicissim percutiat, gratumque sonum eliciat. Plura tintinnabula diversis tonis instructa ita disponi possunt, ut a globulis metallicis insulatis omnia successive percutiantur ; atque ita construetur instrumentum illud, quod gallice *Carillon electrique* dicitur, italice vero *Scampanio elettrico*. Si loco posterioris tintinnabuli globulum metallicum pariter cum solo communicantem adhibeas, et pro pendulo metallico subereum araneolum filo serico suspensum, cujus pedes ex lineo filo fuerint confecti ; in motibus electricis araneoli pedes alternatim nunc tintinnabulo, nunc globulo metallico aliquandiu adhaerere eodem modo videbis, quo araneoli in sua tela texenda moventur : quare hoc experimentum *araneoli electrici* nomine venit.

773. Iisdem principiis nititur tum phaenomenum illud, quod *saltationem electricam* (*ballo elettrico*) vocant, tum illud, quod *furfurem saltantem* (*crusca danzante*) appellant. Sint duo metallici disci A et B (Fig. 110. n. 1.) ; quorum primus cum solo communicet, alter vero cum conductore electrificato. Si duas imagunculas *a*, *b* subereas, vel sambuceas super discum A constituas, statim ac machina oneratur, fluidum electricum disco B communicatum easdem trahit, ac repellit: inde fit, ut saltare videantur imagunculae; nam ubi attrahuntur a disco B electricitatem capite recipiunt, quam pedibus in A exonerant. Eadem ratione peragitur experimentum furfuris saltantis, quod Alex. Volta pro explicando grandinis motu inter duas nubes electricitatibus oppositis instructas primus instituit (1), ab eoque *grandinis electricae* nomine appellatum fuit: sub vitrea scilicet campana (fig. 110. n. 2.), cujus basis est metallica et cum tellure communicat, plures globuli sambucei disponuntur: hi attracti a disco superiori electrificato, attolluntur, illum tangunt, et iterum cadunt ; deinde iterum attolluntur ; atque in suis motibus invicem occurrentes, colliduntur, rumoremque gignunt ei prorsus similem, quem in nubibus aliquando evenire audimus antequam grando super terram decidat.

774. Aliquid denique de *Luce electrica* dicamus. Quaevis fluidi electrici copia in corporibus accumulata nullum edit luminosum indicium, donec aequilibrium adsit, fluidumque quiescat. Praecipua itaque, et necessaria conditio pro luce electrica est ejusdem fluidi motus, et aequilibrii abruptio : aliquando etiam opus est, ut *flui-*

(1) Vide Pouillet, loc. cit. n. 200.

di tensio, quae hunc motum gignit, satis superque sit efficax. Haec tensio ad lucis apparitionem necessaria pendet omnino a statu, forma et vi deferente medii, in quo fluidum electricum moveri debet: evenit enim aliquando, ut cum minima tensione lucem fulgidam corpora electrica emittant; et viceversa aliquando in maxima tensione ne parva quidem scintilla appareat. Lux autem electrica sub triplici forma manifestari solet, *scintillae* nempe, *penicilli*, et *stellulae*. Quoties conductori materia electrica perfuso corpus aliquod obtusum insulatum ad quamdam distantiam admoveas, *lucidam scintillam* cum strepitu elicies: fluidum enim electricum motu pernicissimo pertransit a conductore electrificato in illud corpus in statu naturali existens. Idem omnino obtinebis, si pro corpore insulato corpus deferens obtusum, uti est digiti articulus, conductori admoveas: id etiam tibi obtinere licebit in homine electrificato (752), ex cujus corpore ubivis scintillas elicere poteris: homo autem ita constitutus *beatificatus* dici consuevit, ex eo quod circa corpus ejus splendor materiae electricae apparere potest nimbi instar, qualis corporibus, et praecipue capitibus sanctorum, ac beatorum appingi solet. Hujus phaenomeni causa haec assignari potest. Corpus obtusum ita conductori electrificato admotum, ejus influentiae electricae subjacet; quumque hic sit *excessu* electricum, illud fit electricum *defectu*. Quum autem fluidi electrici nisus adversus aerem ipsi renitentem sit hujus densitati proportionalis (198); hinc patet, quod ubi corpus obtusum conductori admovetur, fluidum electricum aeris resistentiam vincat, et majori vi e conductore in corpus obtusum, quin dispergatur, erumpat: inde crepitus ille, qui scintillam semper comitatur.

775. Maxima distantia, ad quam scintilla sese extendere potest in medio quolibet non deferente, quam *distantiam explosivam* vocant, sequitur rationem tensionis fluidi in conductoris superficie accumulati, vis deferentis, formae ejusdem conductoris, et majoris vel minoris resistentiae medii fluidum ipsum ambientis; nam, ut diximus (774.), ad scintillam obtinendam unice requiritur, ut electricitatis tensio aeris resistentiam vincat. In corporibus acuminatis conductori impositis vel adnexis haec conditio locum habet etiam ubi conductor exigua electricitatis copia sit imbutus; tunc autem lux electrica *penicilli* speciem exhibet, nempe fasciculi radiorum divergentium, qui aliquot pollicum intervallum occupant; hic penicillus vero ex conductore prodiens adeo est conspicuus, ut si ei manum admoveas, fluxum tenuissimae materiae distinctissime persenties (1). Nam quando fluidum electricum e corpore *excessu* ele-

(1) Ex hoc principio explicatur motus rotationis stellulae metallicae, quae vulgo *girandola elettrica* appellatur, quaeque Conductori Machinae electricae ope hastae verticalis superimponitur.

ctrico sese diffundere nititur in alia corpora, in quibus minor est ejusdem fluidi copia, ubi aeris interpositi resistentiam uno ictu superare nequeat (unico enim ictu aerem perrumpens dat *scintillam*, hoc est, intensiorem fluidi prosilientis copiam), in plures radiolos dispergitur usque et usque minores, ac demum incospicuos, effugium quaerens per vapores, aut per interstitia particularum fluidi aerei. Hinc sub vitro Machinae Pneumaticae, dum aer extrahitur, cernimus penicillum in totam vitri amplitudinem expandi, tum in pauciores radios cohaerescere, ac demum veluti in igneum cylindrum abire.

776. Quod si conductori, vel disco admoveas cuspidem, quae liberum quasi canalem fluido electrico offert; attrahet haec tacite ad se electricam materiam ; divaricantes radii in ipsam ex attractione convergunt, et in aditu ipsius valde condensati *stellulam* efficiunt ; haec autem stellula placidam habet lucem, et innoxiam, quia fluidum electricum nullam invenit in ingressu resistentiam : ubi autem resistentia nulla est, nullus quoque fragor, labes nulla haberi potest. Ubi cuspides cum solo communicant, etiam si pluribus pedibus fuerint ab electrificatis corporibus remotae, praecipue coelo sicco, ac sudo, magna vi fluidum electricum a corpore electrificato ad se alliciunt, et stellulam ostendunt. Pro certo itaque statui potest, quod quoties cuspides penicillum ostendunt, fluidum electricum e propria substantia emittunt, adeoque corpus, a quo sustentantur, est *positive*, seu *excessu* electricum : ubi vero stellulam monstrant fluidum electricum exterius hauriunt, ut eo imbuantur; adeoque corpora, a quibus sustentantur, sunt *negative*, seu *defectu* electrica. (756). Hi autem diversi aspectus, sub quibus lux electrica sese prodit, quamdam parvam, sed accuratam imaginem exhibent terribilium phaenomenorum, quae saevientibus tempestatibus coelo, terraque observamus : atque ex his principiis in meteorologia plura meteora luminosa explicabimus, quae quondam hominum animos terruerunt.

777. Si in machina electrica scintillarum numerum augere cupias, abrumpas necesse est continuitatem conductorum, per quos fluidum in commune receptaculum pertansit. Inde originem habent omnes illae figurae, quae ope lucis electricae ad delectationem fieri solent. Ex. gr. *tubi scintillantes* (Fig.118.) nihil aliud sunt, nisi vitrei tubi, in quorum interiori superficie parvi rhombi ex stannea bractea ita adglutinantur, ut eorum vertices minimo intervallo inter se distent ; hi enim statim ac machinae admoventur noctu aut in camera obscura, lumine vibranti et vario illustrantur. Pluribus metallicis granis filum sericum trajicientibus, et nodis interjectis inter se distantibus componi solent catenae, coronae, aliaeque diversi generis figurae, quae lucem scintillantem per totum id tempus

projiciunt, quo machina, cum qua communicant, agitatur; nam lucis electricae transfluxus a primo ad ultimum granum adeo est celerrimus, ut catena, vel corona eodem prorsus temporis momento videatur splendorem emittere (1).

778. Ea est autem scintillae electricae vis, ut caloricum gignere, et corpora tum solida, tum liquida accendere valeat. Et requidem vera, si electrica scintilla paullo supra ellychnium adhuc fumigans alicujus lucernae recenter extinctae pertranseat, statim illud accedet. Accendit etiam spiritum vini; si namque vasculum aliquod metallicum spiritu vini repletum Machinae conductori ita admoveas, ut scintilla vasis medium petat, videbis vapores spiritus vini statim accendi, maxime si hic ad gradus 30° vel 40° calefiat, quo amplior vaporum copia ab eo avolet. Ita pariter accendit colophonii et lycopodii pulverem: accendit fomitem, phosphorum, pulverem pyrium, aliasque substantias combustibiles convenienti modo in vase aliquo dispositas. Accendit denique fluida aeriformia, et praecipue gas hydrogenium aeri atmosphaerico commixtum; ex qua scintillae electricae proprietate originem traxit. Instrumentum illud, quod *Pistola di Volta* appellari diximus (451). Ejus summa huc redit. In phiala vitrea vel metallica *ab* (fig. 110 *bis*) aliqua gas hydrogenii pars immittitur, quod cum aere ibidem naturaliter contento commiscetur; deinde subereo obturamento ejus os clauditur, et machinae conductori admovetur globulus *c*, qui a phialae parietibus ope vitrei tubi *b* insulatus, communicat cum interiori globulo *d*. Scintilla a globulo *d* in parietes se se diffundit, et commixtionem aeris atque hydrogenii maxima cum explosione accendit; inde efformatur aqua; et obturamentum longius ejicitur, non aliter ac si a parvo tormento bellico exploderetur. Ex eadem scintillae electricae proprietate, accendendi nimirum gas hydrogenii, pendet etiam constructio alterius Instrumenti, quod vulgo *accendilume elettrico* appellatur.

779. Lucis electricae colores, volumen, et magnitudo diversimode variare possunt. Colorum, et magnitudinis diversitas haud immerito videtur repetenda tum a scintillae diversa vi, tum a pressione fluidorum aeriformium et vaporum, quae scintilla celerrime trajicere debet; quamvis ex observationibus permultis constet, quaedam esse fluida, quae, posita eadem vi, eademque pressionis efficacia, quosdam prae aliis colores exhibeant. Sed in phaenomeno diversi voluminis et magnitudinis scintillae electricae, praeter caussas nuper memoratas, quamdam etiam illusionem opticam locum habere ex eo patet, quod ubi scintilla per aliquod corpus solidum cohibens pertransit, nonnisi exilissimi foraminis vestigium post se relinquit.

(1) Vide Pouillet, loc. cit., n. 208.

780. Diversae, ac inter se repugnantes sunt Physicorum opiniones de Lucis electricae origine. Aliqui putant, fluidum electricum ea praeditum esse proprietate, ut quoties corpora, per quae transitum sibi parare debet, comprimere conatur, luminosum evadat. Opinantur alii, lucem cum fluido electrico affinitate esse conjunctam; tunc autem liberam excurrere, ac sensibus percipi, quum electricum fluidum densatur, non secus ac evenit in fluidorum aeriformium densatione, et aliorum corporum confricatione, quae duae caussae caloricum evolvunt. Alii ex eo quod lux electrica nunc magis, nunc minus alba appareat, et varios induat colores pro majore, vel minore fluidi electrici copia aerem, vapores, aliaque fluida, in quae excurrit, comprimente; hanc lucem ex aere, ob compressionem, quam ibi fluidum exercet, oriri existimant, quamvis experientia huic opinioni adversetur; lux enim electrica varios induit colores tam in aere densato, quam in raro. Qui denique lucem ab aetheris vibratione pendere putant, in ea sunt sententia, ut electricum fluidum vibrationes in aethere excitando, uti corpus luminosum se gerat, et lucem gignat; quae lux varias subit modificationes tam in coloribus, quam in splendore, prout corpora, ex quibus illa provenit, diverso combustibilitatis gradu pollent. Hanc opinionem prae omnibus veritatis speciem ferre recentiores Physici docent.

ARTICULUS TERTIUS

DE ELECTRICITATIS LEGIBUS, AC MENSURA.

781. Legem, quam attractiones, ac repulsiones electricae in diversis distantiis sequuntur, illustris Coulombius detexit, ac demonstravit, iisdem fere argumentis, quibus usus est pro statuendis Legibus actionis magneticae (745). Instrumentum, cujus ope hauc Legem determinavit, *torsionis Bilancem* appellavit; eaque non differt a Bilance magnetica (744), nisi in eo, quod in ista conficienda adhiberi non debent corpora ferruginea ; in illa vero corpora deferentia vitari debent. Vocari etiam solet *Bilanx electrica*. Hoc autem nititur principio, quod *fila metallica si aliquot graduum intervallo torqueantur, intra quosdam limites vim exercent angulo torsionis proportionalem, ut ad pristinum suum situm omnino redire possint*, ita ut si vis aliqua v filum pro intervallo 10 graduum detorquere valeat, vis dupla $2v$ necessario requiritur ut illud pro intervallo graduum 20 intorquere possit.

782. Bilanx itaque electrica est vitrea capsa ABCD (Fig. 111.) altitudinis, et latitudinis pollicum circiter 30, cujus operculum ab ampliori vitrea lamina efformatur, quae duobus rotundis foramini-

bus est pertusa, altero quidem in media sui parte, super quod vitreus tubus altitudinis unius pedis, latitudinis vero 2 vel 3 pollicum attollitur; altero autem in parte extrema, per quod corpora electrificata in capsam immittuntur. In superiori parte *a* hujus vitrei tubi horizontaliter impositus est cupreus circulus *x* in gradus divisus, in cujus centro infixus est cupreus axiculus versatilis, acu horizontali *b* instructus; ab eodem axiculo *filum argenteum vel cupreum da* pendet a pondere *c* tensum, cui in parte *d* adnectitur levissima horizontalis virga *df* ex cera hispanica, vel resina, quae in parvum circellum *f* ex charta inaurata, vel ex sambuci medulla desinat. Operculum AB in parte E (quae immediate insistit super lineа, in qua virga resinea quiescit) altero foramine est pertusum, per quod, pro diversa experimentorum natura, aliquando filum metallicum in globulum in inferiore sui parte desinens, ut E*n*, in capsam immitti possit; aliquando vero globulus quidam metallicus electrificatus a corpore cohibente suspensus in eamdem capsam immittitur.

783. Hujus instrumenti ope Coulombius tentando invenit, *vim repellentem, qua unius, et ejusdem fluidi electrici particulae in seipsas agunt, esse in ratione inversa duplicata distantiarum* (37). En quomodo conficitur experimentum. In vitream capsam globulus metallicus electrificatus *n* a corpore cohibente suspensus ita immittitur, ut circellum *f* ex charta inaurata contingat. Haec duo corpora electricitatem inter se partiuntur, et statim virga horizontalis *df* a linea quietis removetur per aliquod intervallum, quod circulo *fgh* in gradus diviso, et in capsam inserto aestimari potest (1): hinc necessario evenit, ut filum metallicum torqueatur, ejusque vis torsionis, ut diximus (781), sit descriptae peripheriae segmento proportionalis. Si ponas, vim repellentem esse graduum 36°, eique vim talem opponere cupias, quae virgam *df* ad gradus 18° redire compellat; vis torsionis augeatur necesse est; idque ut fiat, acus *ac* ita vertitur, ut directionem sequatur prorsus contrariam ei, secundum quam charta inaurata progressa est. Ostendit experientia, in hoc casu acum vertere oportere per gradus 126°, qui si gradibus 18° addantur, gradus 144° conficient, quot scilicet requiruntur, ut vis torsionis horizontalem virgam *df* ad gradus 18° sistere faciat. In priori casu vis torsionis est $=$ 36°, et vis electrica suam edit actionem ad distantiam pariter $=$ 36°; quae distantia spectari potest ut $= 1$. In altero vero casu vis torsionis evasit $=$ 144°, et distantia est $=$ 18°, nempe prioris distantiae dimidia. Atqui vires torsionis sunt viribus electricis ae-

(1) Reipsa haec distantia inter corpus electrificatum, et chartam inauratam mensuratur non ab arcu circuli inter ea intercedentis, sed a chorda ejusdem arcus; id quod accurate notandum: nam haec subductio in experimentis capiendis necessaria est, ut veritas hujus propositionis exacte constare possit.

quales ; hae autem a gradibus torsionis 36°, et 144° designantur. Hinc vires electricae his torsionibus respondentes sunt inter se ut 36 : 144, seu ut 1: 4; distantiae vero his viribus respondentes sunt ut 36 : 18, seu ut 2 : 1. Vocando igitur vires electricas v et V, distantias vero d et D, erit ex una parte $v : V = 36 : 144$, scilicet $v : V = 1 : 4$; ex alia vero parte erit $d : D = 36 : 18$, scilicet $d : D = 2 : 1$, et elevando ad quadratum hanc posteriorem proportionem, erit $d^2 : D^2 = 4 : 1$. Quare erit $v : V = D^2 : d^2$; scilicet, *vires repellentes sunt inter se in ratione inversa duplicata distantiarum*. Hoc experimentum pluries, ac diversimode tum a Coulombio, tum ab omnibus aliis Physicis repetitum eosdem semper edidit effectus. Non dissimili ratione demonstratur, *attractionem electricam* eidem Legi obtemperare.

784. Heic autem animadvertere oportet, corporum electricitatem lapsu temporis deperdi, ac dissipari tum *in aere ambiente*, tum etiam per eorum *sustentacula*: experientia enim teste compertum est, electricitatem cujusque corporis electrificati *sustentaculo insulanti* innixi, sensim ita decrescere, ut progressu temporis corpus illud nullum amplius edat electricitatis signum. Ut itaque in experimentis capiendis comparationem inter vires electricas instituere possimus, huic jacturae occurrendum nobis est; vel si id minus fieri liceat, lex saltem investiganda, secundum quam hoc decrementum fiat.

785. Duae sunt caussae, quae electricitatis jacturae favent: *contactus nempe aeris ambientis, et defectus corporum, quae electricitati conducendae omnino imparia sunt*. Iam diximus (751.) aerem non bene electricitatem conducere ; id autem semper verum est de aere siccissimo, et omnibus aqueis vaporibus exuto; si namque vel tantillum his imbuatur, electricitatem conducere incipit, eoque magis, quo plus humiditatis in se contineat. Quum autem nonnisi admodum raro aer siccissimus inveniatur ; quumque corpora electrificata semper ab aere ita ambiantur, ut omnia ipsorum superficiei puncta hoc fluidum contingat ; evenit, ut quaelibet aeris particula corpus electrificatum contingens aliquam fluidi electrici quantitatem absorbeat suae crassitiei, et conducendi facultati proportionalem : haec particula electricitate saturata repellitur, et alteri supervenienti locum cedit, quae pari ratione in contactu electricitatem imbibit, et similiter rejicitur, aliaque superveniens in ejus loco sufficitur. Idem dicendum de omnibus aeris partibus corpus electrificatum ambientibus; adeoque ex his contactibus pluries repetitis corporis electricitas sensim debilitatur, donec omnino dissipetur (1).

(1) Hinc patet ratio, cur in experimentis ope Machinae electricae conficiendis, ubi plures adstantes in cubiculum conveniant, ex quorum respiratione aer plurima hu-

786. Alteram electricitatis jacturae caussam ex eo repetimus, quod inter corpora, qnae pro *sustentaculis insulantibus* adhibentur, nullum est, quod electricitatem aliquo modo non conducat (751). Experientia enim docet, vitrum, resinam, ceram hispanicam, quae pro *corporibus maxime cohibentibus* habentur, electricitatem aliquantulum conducere. Et re quidem vera, si plures cylindri ex his diversis corporibus efformati ita disponantur, ut cum una ex suis extremitatibus quamdam jugem electricitatis originem omnes contingant, ac deinde post aliquot minutorum intervallum a contactu removeantur, et pendulo aliquo electrico admoveantur, electricitate imbuti invenientur non in ea tantum ex suis extremitatibus, qua in contactu extiterunt: verum etiam in tota ipsorum superficie, quamvis intensitate decrescenti. Haec altera jacturae caussa plurimum etiam augetur ab aeris humiditate: aquei enim vapores a corporum deferentium superficie, et maxime a vitro, et a sericis filis avide attrahuntur: inde fit, ut sustentacula insulantia sint instar canalium, per quos electricum fluidum a corporibus electrificatis affluit. Facile enim intelligitur, aquei vaporis particulas, quae simul sustentaculo adhaerent, et corpus electrificatum contingunt, electricitate saturari; tunc autem si vis repellens, qua corpus electrificatum adversus has particulas agit, minor sit affinitate, quam sustentaculi materia ad easdem particulas habet, hae vicinioribus particulis suam electricitatem transmittunt: istae posteriores pari modo eamdem aliis communicant, et sic deinceps; indeque fit ut si sustentaculum non fuerit satis longum, electricitas omnino deperdatur.

787. Ut his occurreret incommodis, omne suum studium contulit Coulombius: et licet nullum sit remedium, quod omnem electricitatis jacturam omnino impediat, quasdam tamen leges constantes detexit, ex quibus hujus jacturae mensuram in quolibet temporis vel minimo intervallo quam accuratissime obtineri posse eruitur. Ne longiores simus, sufficiat has leges tantum enunciare. Ope bilancis electricae ille invenit, quod pro uno, eodemque die, ubi aer nullam sensibilem subeat variationem, ratio, quam fluidi electrici quantitas per aeris contactum deperdita habet ad omnem ejusdem fluidi quantitatem in corpore electrificato existentem, sit *quantitas constans*, quae hygrometri variationem pari successu sequatur. Ex quo fluit, pro uno, eodemque aeris statu, electricitatis jacturam esse *suae intensitati proportionalem*. Pro sustentaculis autem invenit, intensitatis electricae gradum, quo filum sericum, capillus, vel aliud quodlibet cylindricum sustentaculum in eodem aeris statu corpus electrificatum insulare incipit, *esse radici quadratae suae longitudinis pro-*

miditate imbuitur, electricitas, quae prius copiose evolvebatur, sensim minuatur, et aliquando cesset omnino.

portionalem ; scilicet si sustentaculum aliquod datam electricitatis quantitatem insulet, ut duplicem electricitatis quantitatem insulare valeat, quater longius sit oportet.

788. Nunc inquirendum est qua ratione in corporibus metallicis insulatis electricum fluidum diffundatur. Quum ea sit electrici fluidi indoles, ut ejus particulae vim quamdam repellentem in seipsas exerceant, et ab invicem separari nitantur ; manifestum est, electricitatem in sphaerae metallicae centro, ex gr., nullatenus accumulari posse, si hujus sphaerae materia nullam in fluidum electricum chemicam actionem exerceat. Hinc electricitas super totam sphaerae superficiem diffunditur : quumque haec actio repellens indefinite exerceatur ; patet, quod si aer ipsam ambiens aqueo vapore imbutus fuerit, electricitas in aere disperditur, et corpus electricum esse desinit (1). Hanc electrici fluidi in conductoris superficie diffusionem manifeste ostendit sequens experimentum. In sphaera metallica AB insulata (Fig. 112) foramen conicum *ef* ita excavetur, ut apice versus centrum respiciat; eidem sphaerae deinde electricitas communicetur ope globuli metallici insulati *b*, qui in illam cavitatem immittatur. Hoc facto, alter globulus huic aequalis, sed in statu naturali in eamdem cavitatem introducatur; hic si statim retrotrahatur, et pendulo electrico admoveatur, nullum dabit electricitatis indicium; at contrarium omnino eveniet, si globulus externam sphaerae superficiem tanget ; tunc enim si pendulo admovebitur, vehementer ab eo allicietur. Promum itaque est colligere, liberum fluidum electricum nullatenus in corporum visceribus se continere, sed *per eorum superficiem se diffundere*, ibique quoddam stratum exilissimum constituere, cujus crassitiem bractea aurea minorem ex experimentis quamplurimis esse constat.

789. Ex his principiis sequitur, fluidum electricum in sphaericorum corporum superficie aequabiliter diffundi ; at si corpora ellipsoidis formam exhibeant, mathematicis argumentis demonstravit D. La Place fluidi electrici distributionem hic non esse uniformem; sed ejus tensionem validiorem esse in extremitatibus axis majoris, quam in reliquis ejusdem superficiei punctis. Quod si plura corpora se invicem contingant, fluidum electricum inter illa dispertitur ea ratione, quae *ipsorum figurae*, non autem *ipsorum materiae* sit proportionalis. D. Coulomb multiplici experimento intulit, 1.° inter duas sphaeras ejusdem diametri, cujuscumque diversae materiae illae sint, fluidum electricum aequabiliter dispertiri : 2.° inter sphaeras inaequalis diametri, fluidi electrici quantitates inter se differre diversa, et minori ratione ; ita ut si sphaerarum superficies

(1) Ex hoc patet, in capiendis experimentis, in quibus parva electricitatis copia requiritur, aerem ambientem probe siccum reddi oportere.

sint inter se ut 1 : 15, fluidi electrici quantitates erunt inter se ut 1 : 11; 3.° ubi duae sphaerae aequales se mutuo contingant, electricum fluidum ita inter illas dispertiri, ut in puncto contactus prorsus nulla sit ejus *tensio*, quae sensim hinc inde crescat; quod si sphaerae fuerint longe inaequales, in sphaera minori hanc tensionem celerius crescere a puncto contactus usque ad gradus 108°; in sphaera autem majori aequabilius procedere : 4.° fluidi electrici distributionem in serie aliquot globulorum aequalium fieri hoc modo, ut scilicet tensiones cujusque globi in utraque extrema parte existentis sint omnino aequales; inde decrescant celeriter quidem a priori ad secundum, et ab hoc ad tertium; lentissime vero usque ad mediam seriei partem, ubi tensio evadit nulla: 5.° denique, ubi plures cylindri ejusdem longitudinis, pollicum 30 ex. gr., sed inaequalis diametri, sphaeram, quae diametrum 8 pollices longam habeat, contingant, posito quod intensitas electrica super globo sit aequalis numero . . . . 1,00.
intensitatem electricam super cylindro, cujus diameter fuerit 2. pol., esse. 1,30;
super cylindro 1. poll. diam. 2,00;
super cylindro denique 2. lin. diam. . . . . 9,00.
Ex quo clare patet, intensitatem fluidi electrici in cylindro globum aliquem electrificatum tangente, eo majorem esse, quo diameter hujus cylindri minor existat. In cylindro exilissimo tensio electrica ita validior fieri potest, ut aeris pressionem superet, et a corpore, quod contingit, fluidum electricum attrabat, atque absorbeat. Hinc facile concipitur, unde ortum suum ducat *potentia*, *quam habent cuspides, fluidum electricum ad se mira facilitate alliciendi;* quaelibet enim cuspis tanquam extremitas longissimae ellipsoidis spectari potest, in qua, ut diximus, tensio evadit maxima, aequilibriumque ab aeris cohibentia pendens deturbare valet. Concipitur etiam, unde fiat, ut illud facillime quoque transmittere, ac deperdere valeant; cur denique machinae electricae conductor in parte a disco remota laevigatissimus sit oporteat, ac nulla acie instructus; in parte vero machinam ipsam respiciente instrui cuspidibus debeat. Haec omnia, quae Coulombius tentando invenit, D. Poisson analysi sublimi perlucide demonstravit anno 1811(1).

(1) V. Poisson, *Memoires de l'Institut.* 1. et 2. partie.

ARTICULUS QUARTUS

DE CONDENSATORE, ET PHIALA LEYDENSI, EORUMQUE EFFECTIBUS.

790. Ad explorandam vel minimam fluidi electrici quantitatem in corporibus existentem praeter instrumenta superius (766.) descripta, illustris Volta aliud perutile instrumentum excogitavit, cui *Condensatoris* nomen ideo indidit, quia *densare*, ac quasi sensibus subjicere valet vel minimam electricitatis copiam, cujus exsistentiam electroscopia vel exquisitiora indigitare nequeunt. Ejus constructio est simplicissima: constat enim, ut electrophorum, duobus discis, *operculo* B nempe, et *basi* A (Fig. 113.). Operculum eodem prorsus modo constituitur, ut electrophori operculum(767); fit ex cupro; ejusque inferior facies est politissima. Basis est discus ex marmore Carrariensi siccissimo diametrum ampliorem operculi diametro habens, panno serico tenuissimo (di taffettà), vel exilissimo vernicis strato obductus (1). Disco metallico B, qui etiam *discus collector* (piatto collettore) dici solet, filum metallicum C adnectitur aliquantulum curvum in extremo C inglobulum *a* desinens. Hujus fili ope, corpus, cujus minimam electricitatem explorare cupimus, cum disco collectore communicat, qui statim ac eam absorbuerit, si manubrio ea directione attollatur, quae basi fuerit parallela, illius praesentiae utut exigua illa sit, manifesta edit indicia; quae clare eruuntur, et mensurari possunt henlyano, vel alterius generis electrometro, quod disco collectori admoveri solet.

791. Hujus instrumenti structura et usus ex principiis influentiae electricae superius constabilitis (763) nullo labore explicantur. Quum ea sit marmoris indoles, ut electricum fluidum non bene conducat; quumque idem discus serico panno, vel vernice, quae sunt maxime cohibentia, sit obductus; patet, discum collectorem ipsi quam proxime admoveri posse, quin electricitatem a se collectam eidem communicet; id est, electricitatem in inferiore disci collectoris facie sese diffundere, eamque ex influentia in subjecto disco electricitatem contrariam gignere; a qua ibidem impeditur, ne ulterius expandi possit, ac veluti angustissimis limitibus coercetur. Hinc discus collector aliam electricitatis copiam absorbere potest, quae non absimili modo in ejus inferiori superficie accumulatur, ac densatur; atque ita fit, ut notabilem electricitatis quanti-

(1) Quodlibet corpus non perfecte cohibens, uti est lignum non bene siccum, ex. gr., loco marmoris adhiberi potest; sed marmor uberiorem effectum producit; quin imo hodie utrique disci fiunt ex metallo laevigatissimo.

tatem per influentiam colligere valeamus. Removendo autem discum collectorem a basi, influentia electrica minuitur, eaque electricitatis copia, quae antea densata erat, et veluti *dissimulata*, libera evadit, suam naturalem tensionem recuperat, eamque modo sensibili ostendit (1).

792. Crescit hujus Instrumenti tum utilitas, tum commodum, ubi Electrometro (766.) ex paleis, vel aureis bracteis efformato aptetur, uti fecit, et docuit ipsemet Volta, qui ejusmodi Instrumentum *Electrometrum condensatorem* appellavit. Condensator in hoc casu efformatur duobus discis metallicis, quorum facies sese mutuo contingentes vernicis strato sunt obductae. Discus A(Fig.114.) nempe *operculum*, cui vitrea columma *a b* super imponitur, cum communi receptaculo communicat ope laminae metallicae *ef*, quae in anteriori parte curvatur, ne vas vitreum *cd* tangat. Discus vero inferior B electrometro jungitur ope cochleae, quae in eodem vase ita exporrigitur, ut cum paleis, vel aureis bracteis communicet. Corporis explorandi electricitas disco B communicatur, super quem accumulari potest: repetitis aliquot contactibus, discus A attollitur; tum electricitas se prodit, et paleae seu bracteae ab invicem separantur, et magis magisque divergunt. Haec divergentia mensurari potest; et dividendo numerum graduum hujus divergentiae per numerum contactuum, quotus dabit electricitatis quantitatem, quae qualibet vice fuit communicata.

793. Diximus (790.) condensatorem pro exploranda vel minima electricitatis quantitate adhiberi. At si de exploranda uberiori electricitatis copia agatur, tunc opus est, ut duae hujus Instrumenti superficies, quae invicem apprimuntur, a corpore magis cohibente, ex. gr., exilissima vitrea lamina, separentur. Id autem mirifice obtinetur ope *Phialae Leydensis*, quae nihil aliud est, nisi ipsissimus Condensator diverso modo et ex lamina vitrea concinnatus. Detecta fuit Lugduni Batavorum (Leiden) anno 1746 a duobus Physicis Cuneo, et Muschembroekio; inde *Phialae Leydensis* nomen obtinuit. Paratur phiala vitrea AB (Fig. 115), cujus tam interior, quam exterior superficies a fundo ad tres suae altitudinis quadrantes subtili stanni lamina ope gummi arabici incrustari solet: tunc autem *armari* dicitur; ipsae autem duae stanneae laminae vocantur *armatura interior* et *exterior*. Ejus collum subereo obturamento vernice obducto clauditur, per cujus axem filum metallicum transit usque ad fundum stannea lamina pariter incrustatum pertingens, et in altero extremo in globulum desinens. Globus iste machinae electricae conductori applicatur, dum exterior phialae armatura cum communi receptaculo communicat. Statim ac ejus-

(1) Vide Gerbi, Lez. di Fis. Tom. 3, n. 268, 269.

dem machinae discus in gyrum vertitur, fluidum electricum e conductore per filum metallicum in phialam transit, ibique sese accumulat ; tunc autem phiala *oneratur*. Quo amplior fuerit superficiei armatura, et quo exilior fuerit vitrea lamina inter duas armaturas interposita, eo magis phiala onerari potest. Hoc modo onerata, si *arcus excitatoris* vel *exoneratoris* ope (qui, ut diximus (759), nihil aliud est, nisi arcus metallicus *ab* manubrio vitreo instructus, et in duos globulos desinens) communicatio ita instituatur, ut globulus unus *a* exteriorem armaturam tangat, alter vero *b* filum metallicum ; statim fluidum electricum in interiori armatura accumulatum scintillam eliciet, et in exteriorem armaturam pertransiet. Hic torrens electricus pro majori, vel minori phialae capacitate erit magis, vel minus validus : neque haec prima scintilla phialam omnino exonerat, quum aliae remissiores, quae sensim deficiunt, emittantur. Phialae autem oneratio aestimatur intervallo, ad quod se extendit scintilla, quae a globulo fili metallici cum interiori armatura communicantis emittitur ad alium globulum, qui cum armatura exteriore communicat.

794. Quod si loco arcus excitatoris una manu exteriorem armaturam apprehendas, altera vero conductorem, vel metallicum filum tangas, eumdem omnino effectum obtinebis ; scintillam nempe phiala eliciet, et vehementiorem, atque ingentem in toto corpore ciebit *concussionem*, quae in manuum, brachiorumque articulos, in pectus quoque ac in dorsum non levem impetum faciet (1). Si numerosa hominum series ita disponatur, ut eorum primus vas una manu teneat, alteram vero conserat cum sibi proximi manu, singulique deinceps connexis invicem manibus secum cohaereant, et quamdam *catenam* efficiant ; ubi postremus, qui agmen claudit, digito, vel clavi, vel alio metallo conductorem, aut filum metallicum tetigerit ; tunc singuli eamdem concussionem eodem prorsus tempore experientur, quamvis qui medium locum occupant, remissius concutiantur, quam qui in extremis sunt constituti.

795. Facile autem intelligitur horum phaenomenorum ratio ex theoriae Franklinianae principiis. Sane quum interior phialae superficies ope fili metallici cum conductore communicet, hujus electricitatem recipit, eaque oneratur, fitque *excessu* electrica. Haec porro electricitas positiva per influxum agens in armaturam externam (763, et 791.) id efficit, ut ista fluido suo exuatur eadem pro-

(1)Quo tempore phiala Leydensis a Muschembroeckio detecta fuit, omnes pene Physici ejus effectus experiri voluerunt, ac mira de ea, et non adeo vera evulgarunt. Ipsemet Muschembroekius in quadam Epistola ad Reaumurium data ajebat, scintillam a sua phiala editam esse ita magnam, et concussionem ita terribilem, ut ejus percussi one moriturum se crederet; neque eamdem totius Galliae pretio se repetiturum dictitabat; adeo juncturas illa manuum, atque pedum cum praecordiis, et intestinis contuderat quasi, ac confregerat.

portione, et *defectu* electrica evadat (1). Phiala itaque sic onerata contrariam refert in utraque superficie electricitatem, in una nempe *positivam*, in altera vero *negativam*: idque etiam ex eo patet, quod si exterior superficies non cum solo communicet, sed sit *insulata*, interior facies, vel plane nihil, vel nonnisi minimum electricitatis indicium prodit. Si itaque per influentiam phiala oneratur, patet, eam electricitatis copiam, quae in armatura interiore accumulatur, ab exteriore auferri. Hinc semper eadem fluidi quantitate instructa est; haec enim, ubi phiala est exonerata, in utraque superficie est aequaliter diffusa; ubi vero est onerata, in una dumtaxat accumulatur, dum alia exuitur. Phialam igitur onerare nihil aliud est, nisi aequilibrium naturalis fluidi electrici perturbare; quae turbatio quum fieri nequeat ubi phiala est insulata (tunc enim ex una superficie tanta electricitatis copia nequit exire, quanta accumulatur in altera); patet, tunc vix, aut ne vix quidem onerari posse. Quod de internae superficiei oneratione diximus, de externa quoque oneratione est dicendum; exterior nempe onerari nequit, quin eadem proportione interior facies fluido suo exuatur.

796. Sic autem onerata phiala exonerari nequit, quin inter duas ipsius armaturas communicatio instituatur. Quocirca ubi homo cum solo communicet, et phialam una manu tenens, filum metallicum tangat manu altera, necesse omnino est, ut superabundans fluidum internae superficiei vi sua expansiva, et ad aequilibrium tendente, irruat primum in hanc ipsam manum; hominem deinde veluti apertum canalem permeando, ad externam ipsius phialae superficiem *defectu* electricam magno impetu propellatur; ab eo autem pernicissimo, ac copiosissimo transfluxu nervos, et musculos pervadente, necessario musculorum *contractio* ac *concussio* oriri debet, quae *concussionem* in artubus ipsius gignet validiorem, aut remissiorem, prout magis, vel minus copiosa, velocior, aut tardior fuerit electricitatis effusio, et prout magis, vel minus eidem resistant corpora, quae arcum, quem pervadit, constituunt (2). Advertendum est autem, scintillam

(1) Id adeo verum est, ut si filo metallico, dum interiorem armaturam tangit, globulus filo serico suspensus admoveatur, statim ab eo allicietur, ac deinde repelletur; idem globulus a filo metallico rejectus ab exteriori armatura attrahetur; et viceversa, ab exteriori armatura repulsus, a filo metallico allicietur.

(2) A quibusdam phiala Leydensis adhibita fuit ad domos custodiendas, ne a furibus expilarentur, hoc modo. In parte ostii postica phiala Leydensis satis ampla et fluido electrico onerata ita paratur, ut ejus exterior armatura cum sera communicet ope fili metallici, quod in ea serae parte aducitur, in quam clavis immittitur: annulus metallicus in phialae fundo suspensus communicat cum alio filo ferreo, quod exterius per limen distenditur, aliisque filis metallicis in antica ostii parte dispositis et paleae stramento opertis adjungitur. Rebus ita paratis, si fur domum diripere cupiens, ad ostium clave adulterina aperiendum accedat, quum pedibus terat fila metallica super solo collocata, et clavi, quam manu tenet, tangat filum serae adnexum, fit ut phiala exoneretur, et concussionem ex improviso in illum gignat; unde terrore perculsus

e phiala erumpentem non esse aeque longam ac illam, quae e machinae conductore eruitur: nam quum vitrum non sit omnino impermeabile, aliquam electricitatis internae quantitatem excipit, eamque ex vi sua cohibente in se retinet: hinc electricitas quantumvis copiosa, ac densa non ita longius a phiala propellitur, ac ubi a conductore sese expedit. Advertendum etiam est, non totum fluidum egredi uno ictu exonerante; pars enim aliqua vitro veluti constricta retinetur; hinc etiam intelligitur, cur prima scintilla phialam non omnino exoneret, sed post primam exonerationem aliae remissiores sequantur, quae sensim deficiunt (793).

797. Alio apparatu experimenta, quae in phiala institui solent, omnino amplificata obtinuerunt cl. Franklinius, et Jallabertius. Sit itaque exilissima lamina vitrea quadrata satis ampla, in utraque facie stanneis bracteis obtecta, margine tamen ad latitudinem duorum circiter pollicum puro, et non obtecto, sed cera hispanica vel resina obducto; quae stanneae bracteae duplicem exhibent phialae armaturam (793.); quadratum hoc horizontaliter imponatur pluteo metallico cum tellure communicanti; catena autem, seu filum ferreum communicans cum conductore, duplicique flexura instar forcipis in altera ejusdem extremitate curvatum ita disponi debet, ut manu vitreo manubrio instructa prehensum una sui parte insistat faciei superiori quadrati, donec haec eadem facies, agente machina, sit apprime onerata; parte autem altera contingere possit inferiorem superficiem; quam si reapse contingat, scilicet si inter utramque faciem instituatur communicatio, scintilla adeo rapida, vehemens, ac fulgida, a superiori ad inferiorem evibrabitur, ut aeque ac scintilla a phiala emissa, liquores in halitus redigat, metalla fundat, agat in calcem et in vitrum, pulverem pyrium accendat, ferro magneticam vim impertiatur, aviculas, mures, ac pisciculos mactet; uno verbo singulos imitetur fulminis effectus (1); quapropter hoc *quadratum*, quod ex ejus auctore *Franklinianum* dici solet, *quadratum magicum*, vel *fulminans* etiam nuncupatur.

798. Sed phialae effectus magis magisque amplificari possunt. Si ex. gr. Machinae conductori appendas filum metallicum phialae *a* (Fig. 116.), a cujus inferiori superficie ex unco pendeat altera phiala *b*, ex hac vero tertia *c*, et sic deinceps, dummodo ultima cum solo communicet ope catenae *d*; observabis, omnes eodem prorsus tempore ac prima onerari. Nam fluidum electricum ab exteriori facie prioris phialae rejectum extemplo in interiorem sequioris faciem immittitur; illud, quod ab exteriori hujus facie repellitur, statim interiorem tertiae faciem onerat, et sic deinceps: hujusmo-

statim fugiet. Idem effectus oblineri posset etiam convenienti modo instrumentum illud aptando, quod *Pistola di Volta* appellari diximus.

(1) Vide Beccaria, Elettricismo Artific. n. 322. 707.

di autem onerandi modus vulgo *carica per cascata* dici solet, quia fluidum electricum phialae superioris incidit, ut ita dicam, in phialam inferiorem, et ex hac in aliam subsequentem. Duobus autem modis hic apparatus exonerari potest, nempe vel communicationem instituendo inter superficiem interiorem prioris phialae, et exteriorem ultimae; tunc autem concussio erit remissior, non secus ac si una dumtaxat phiala exoneraretur; in hoc enim casu aequilibrium restituitur inter faciem interiorem primae, et exteriorem ultimae, et nonnisi duae facies concussionem producunt: vel phialas sic oneratas ab invicem caute disiungendo, ne electricitatem amittant, et in plano cohibente, in capsa aliqua *ab*, cujus fundus stannea lamina obductus sit, easdem ita disponendo, ut se mutuo contingant, fila autem metallica uniuscujusque inter se catena quadam communicent; tunc enim si ope arcus excitatoris exteriorem faciem, et filum metallicum unius contingas, omnes uno ictu exonerantur. Dum autem plures adhibeas phialas sic praeparatas, et ita constitutas, ut omnium fila metallica in communem quemdam globum *o* (Fig. 117.) jungantur, quo omnium tam internae, quam externae facies inter se communicent, unamque quasi phialam efforment, id habetur, quod italice *Batteria elettrica* solet appellari, cujus efficacia est prorsus eximia; nam concussio eo validior est, quo plures adhibentur phialae, quo amplior est earum armatura, et densior in omnibus electricitas.

799. Hujus phialae ope velocitatem, qua fluidum electricum per corpora deferentia diffunditur, Physici in Gallia, et in Anglia ab anno 1745 ad annum 1750 aestimare aggressi sunt. Constat itaque ex eorum observationibus, tanta celeritate electricum fluidum per corpora deferentia diffundi, ut instantaneus esse videatur transvolatus: nam funes et fila metallica admodum longa tam velociter pervadit, ut ab extremo ad extremum observari nequeat ullum temporis intervallum. Refert Watsonus metallicum filum quatuor circiter milliaribus longum, cujus una extremitas cum phiala communicabat, altera vero postquam flumen pertransisset, in terra erat infixa, uno temporis momento ab electricitate fuisse pervasum; idque erat plane mirandum, quod scilicet in quolibet hujus fili puncto spiritus vini ab illo igne accenderetur, qui antea per aquae flumen pertransierat. Ex recentissimis observationibus D[ni] Wheatstone (anno 1834) constat, fluidum electricum ea celeritate propagari, qua 330,000 chilometra intra unius minuti secundi intervallum percurrere queat; scilicet, electricitatem ita celerrime propagari, ut intra unius minuti secundi intervallum octies telluris globum circumgyrare posset. D[nus] Walkerius autem anno 1849 in America deprehendit, electricitatis celeritatem ita esse comparatam, ut ultra 30000 chilometra intra unius minuti secundi intervallum per-

currere queat ; sed methodus ad hanc celeritatem explorandam ab eo adhibita plurimis difficultatibus obnoxia est. Denique D[ni] Fizeau et Gounelle, aliis methodis adhibitis, invenerunt, electricitatem in filo ferreo, cujus diameter erat 4^{mm}, propagari ea celeritate, qua 101 710 chilometra intra unius secundi intervallum describat; et in filo cupreo, cujus diameter erat $2,5^{mm}$, hanc celeritatem esse chilometrorum 177,722 in quolibet secundo(1). Ex quo generaliter inferre possumus celeritatem, qua fluidum electricum propagatur, esse adeo ingentem, ut ad terrestres distantias comparata nulla ratione comprehendi queat; et celeritatem, qua lux propagatur, aemulare, imo juxta quorumdam Physicorum mentem, longe superare: ex eaque ratione fit, ut electricitas adhibeatur in transmittendis signis ad ingentes distantias telegraphorum electricorum ope, de quibus inferius loquemur. Transfertur autem via omnium brevissima, nam si homo aliquis alterius pedem, vel aurem tangat, in aure, vel in pede concussio statim excitabitur.

800. Sunt et alia plurima phaenomena, quae ope electricitatis hoc modo accumulatae obtinentur : haec autem omnia luculenter evincunt, Phialam Leydensem omnes effectus, *mechanicos*, *physicos*, *chemicos*, et *physiologicos* gignere, qui post Pilae inventionem ampliori modo, hujus instrumenti ope obtinentur, ut suo loco videbimus. Et re quidem vera, fluidum electricum, ubi una vel plures phialae ea ratione exonerentur, quam antea innuimus (796), eam habet vim, ut 1° spissam chartam, et ipsummet vitrum perforare valeat ; figuras typis imprimat ; pilam ope *mortarii electrici* a Kinnersleyo inventi longius ejaculet (*effectus mechanici*); resinam, pulverem pyrium, spiritum vini, etc. accendat (778); 2.° ferrea fila exilissima, et stanni folia liquefaciat; aurum, quo serica fila obducuntur, fundat, quin fila ipsa comburantur, etc. (*effectus physici*) : 3.° parvas aquae guttas decomponat, ut a Wollastonio expertum est; plura alia corpora pariter decomponat, vitrum fundat, vegetabilium tincturarum colores immutet, etc. (*effectus chemici*); 4°. denique concussionem in animantibus producat aliquando ita validam, ut plures homines illico ad terram prosternat, et aves, mures, cuniculos, aliaque etiam majora animantia subito enecet (*effectus physiologici*). Sed de his omnibus, aliisque vere admirandis scintillae electricae effectibus vide Pouillet (2), Gerbi (3), Matteucci (4), aliosque passim.

(1) Vide Majocchi, Annali di Fis. e Chim. 2. Serie, Tom. 3. p. 75.
(2) Pouillet, Phys. loc. cit. n. 206.
(3) Gerbi, Lez. di Fis. T. III. p. 240 et seq.
(4) Matteucci, Lez. di Fis. Lez. XLI — XLIII.

ARTICULUS QUINTUS

DE ELECTRICITATE ATMOSPHAERICA.

801. Benjaminus Franklinius experimentum Phialae Leydensis repetens, et multa varietate tractans, reperit scintillam eo usque posse intendi, ut lamellae aureae exinde liquefiant; eique praeterea odorem sulphurenm, ac phosphoreum semper comitari. Ex hoc in suspicionem incidit, materiam, ex qua fulmen in atmosphaera efformatur, eamdem esse cum materia electrica, quia ex utraque idem odor emanat. Quum autem sciret, ferri cuspidem machinae electricae disco obversam ostendere lucentem stellulam (776), materiamque electricam attrahere, atque colligere; sibi in animum induxit, fieri posse, ut materia fulminea nubium tonitrua producens, si esset eadem cum materia electrica, in virga ferrea praealta et valde acuta supra culmen tecti alicujus erecta, illam etiam stellulam edere deberet, et per virgam in commune receptaculum effluere. Dum autem ille frustra efflagitabat, ut Philadelphiae publico sumptu erigeretur alta turris, super quam metallica virga insulata, et sursum in atmosphaera elevata infigeretur, quo experimentum illud confici posset; D. Dalibardius in Gallia Franklinii ideas complectens; ejusque votis cedens, grande illud experimentum felici successu aggressus est in oppido Marilliaci (Marly-la-Ville) quindecim milliaribus a Parisiis remoto.

802. Dalibardius itaque suis expensis quamdam turrim loco eminenti aedificavit, in cujus summitate tabulam vitreis pedibus instructam imposuit. Foramini in medio tabulae excavato virgam ferream 40 pedes longam, et in superiore extremitate acuminatam verticaliter infixit; atque omnibus sic constitutis, die 10 Maji anno 1752, furente procella, scintillas consequutus est vividissimas, illis omnino similes, quae ex machina electrica obtinentur. Deinde phialas Leydenses oneravit, omniaque phaenomena, quae usque ad id tempus a sola machinae electricitate producebantur, ab electricitate atmosphaerica obtinuit. Dum tamen haec omnia in Galliis peragebantur, et Philadelphiae extrnebatur alta turris, ut in ejus fastigio collocaretur metallica virga a Franklinio excogitata, perillustris hic Philosophus impatiens morae die 12 Junii ejusdem anni misit versus nubes procellosas *draconem volantem*(1), et magnum scintillarum

(1) Draco volans est illi omniuo similis, quo ad lusum, et solatium oluolur pueri, quemque *cometam* vocant. Sic autem construitur. Decussantor duae arundineae, vel alterius ligni levis, fragilisque virgae, et super eas aptatur leve linteolum sericum; superiori crucis extremitati filum ferreum bene acuminatum, altumque sallem uno pede infigitur; pars autem draconis inferior committitur chordae can-

numerum obtinuit, quibus phialam Leydensem oneravit, aliaque experimenta confecit, quibus liquido constare compertus est, *fulgur nihil aliud esse quam fluidum electricum* (1). Post Dalibardium, et Frankliniuin, primi, qui in hisce instituendis experimentis omnem suam operam contulerunt, fuerunt J. Bapt: Beccaria apud Italos (die 7 Julii, an. 1752), Canton in Anglia (die 20 Julii 1752), Romas in Gallia (die 7 Junii 1753), et Richmannus in Russia, qui die 6 Augusti anno 1753, quum Petropoli tempore procelloso ad filum aptatum hastae chalybeae super tecto suae domus erectae, quod in ejusdem domus cubiculo desinebat, electrica phaenomena exploraturus accessisset, subito fulmine percussus, atque interemptus, *Martyr electricismi* dictus fuit, et Physicis triste exemplum reliquit, quo monentur, nonnisi caute, et prudenter explorandam esse atmosphaerae electricitatem.

803 Omnes hi praeclarissimi viri tum hastis ferreis ad satis magnam altitudinem erectis, tum draconibus volantibus expendere aggressi sunt atmosphaerae electricitatem, atque nunc penicilli, nunc stellulae indicio (774.) ipsis innotuit, nubes modo redundare, modo deficere fluido electrico, sive esse nunc *excessu*, nunc *defectu* electricas. Neque ex nubibus solum, verum etiam *electroscopii atmosphaerici* (766.) ope compertum est, ipsam atmosphaeram pro diversa temperie, et pro diverso coeli statu, semper fluido electrico plus minusve imbutam reperiri; ita ut generaliter statui possit, atmosphaerici aeris strata, quae terrae sunt propiora, et ea, quae ad sat magnam altitudinem elevantur, semper *excessu* electrica reperiri; quantitatem vero electricitatis, cujus sunt instructa, augeri, prout atmospbaerae altitudo augetur.

nabinae, in cujus textura exile filum metallicum intermiscetur, ut continuati conductoris species habeatur; hujusce fili extremo adnectitur aurichalceus globus, e quo elici possit scintilla; et chorda desinit in sericum funiculum caeruleum probe siccum, ut revera Draco insuletur, et in altum prope nubem procellosam vi venti elevatus queat sine ulla vitae discrimine pro libitu detineri. Hujus Draconis sic in altum emissi ope tantum materiae electricae temporibus procellosis obtinere poteris, quantum perfectissima machina electrica obtinetur.

(1) Haec Franklinii illatio uberius patebit, si electricitatis et fulminis qualitates atque effectus inter se conferantur. Et 1. quidem celeritas, qua fluidum electricum propagatur (799.) eadem est ac fulminis celeritas. 2. Fulgur per sinuosos anfractus huc illucque discurrit; et idem observatur phaenomenum quando a Conductore materia electrica probe onerato elicitur scintilla, quae ad certam propagatur distantiam. 3. Metalla scintillas vegetiores et majori in distantia e conductore electrificato educunt, quam alia corpora minus deferentia; et pari ratione metalla sunt fulmini provocando magis accomodata, ut videmus in turribus campanariis, in quibus erectae cruces metallicae ut plurimum fulmine percutiuntur. 4. Fulmen corpora, quae percutit, saepe inflammat, et tristibus incendiis occasionem praebet: idem etiam efficit scintilla electrica; nam pulverem pyrium, et candelam recens extinctam incendit. (778). 5. Denique fulmen visum est metalla liquare, et involucris ligneis vel chartaceis, vel coriaceis parcere: et scintilla electrica etiam frustula metalli cujuscumque in vase vitreo contenta potest liquare, quin aliquid damni vitro inferat. Mittimus reliqua.

804. Statim autem ac immortalis Franklinius ratione nuper descripta rapuit e nubibus electricas scintillas, apparatum excogitavit, quo fulmina vel adducerentur ab atmosphaera in tellurem, vel a tellure in atmosphaeram emitterentur, ejusque teterrimi effectus arcerentur ab aedificiis, praesertim sublimioribus, et a navibus, non sine maximo humani generis emolumento. Id autem mirifice consequutus est aedificia metallicis virgis acuminatis instruendo, quae ex effectibus, quos producunt, *Fulminis Ductores* (*Parafulmini*) appellatae fuerunt; quorum usus statim in illustrioribus, ac praecipuis tum Americae, tum Europae Civitatibus obtinuit. Erigitur itaque in aedificii fastigio virga ferrea acuminata, quae diametrum habeat duorum circiter pollicum: 25 circiter pedibus aedificii altitudinem excedat; et inaurata, vel stanno obtecta sit, praecipue versus cuspidem, ne rubiginem concipiat, quae utpote cohibens fluidi electrici ingressui adversaretur(1). Si aedificium fuerit satis amplum,

(1) Quum notatu dignissimae sint quaedam observationes, quas hac super re nuper edidit illustris Mac. Melloni, libet paucas ex iis excerptas hic afferre, ut omnibus perspectum sit, qua facilitate luctuosissimi fulminum effectus ab aedificiis arceri possint. « Un secolo, circa, di osservazioni comparate han pienamente dimostrato che le punte di platino, o le indorature che si applicano ordinariamente all' estremità dei parafulmini sono superflue; le più ovvie sperienze mostrando potersi ottenere la medesima azione col ferro. L'oro ed il platino, presentano, è vero, il vantaggio di resistere compiutamente all' ossidazione, tanto facile a corrodere il ferro minuto esposto all'azione dell' aria umida. Ma chi conosce la storia delle discussioni sollevate nei tempi di Franklino, intorno alla forma più conveniente da comunicarsi alle armature elettriche, sa perfettamente che rimase al tutto indecisa la quistione se tali sommità dovevano essere acuminate o rotonde. E noi crediamo poter francamente asserire che tale indecisione dei Fisici deve considerarsi quale assoluta indifferenza di fatto: sicchè per preservare dall'ossidazione l' estremità delle spranghe di ferro sollevate sui tetti, basta lasciarle alquanto smussate, e ricoprirle, come tutta la porzione libera del conduttore, con una o due mani di vernice, o di semplice pittura ad olio ».

« Dal complesso delle osservazioni precedenti risulta chiaro e manifesto, che l'arte di preservare i fabbricati dai danni della folgore è tanto semplice, da poter essere perfettamente intesa e praticata da tutti. Riflettendo poi al basso prezzo del ferro ed alla inutilità delle punte di platino, dei conduttori di rame, dei sostegni di vetro, di marmo, e di qualunque altra addizione di pretesa cautela o di puro ornamento, sarà facile l'arguirne che quest'arte è anche poco costosa, e che il frutto del piccol capitale necessario per armare un edifizio di parafulmini è certamente inferiore d' assai alle tasse che le compagnie d'assicurazione esigono per guarentire le proprietà contro gl'incendii ».

« La rarità dei parafulmini nel Regno di Napoli sembra derivare non solamente dal timore dei proprietarii d'impegnarsi in troppa spesa, ma anche dalla pochissima fede che regna generalmente tra loro intorno all'efficacia delle armature elettriche. L'errore delle massime, donde traggono origine questi sentimenti, é troppo chiaramente provato dalla scienza teorica e dalla scienza sperimentale. Ma a chi fosse tanto ostinato nei suoi pregiudizii da chiuder gli occhi all'evidenza degli argomenti filosofici, risponderemo con quell'unica maniera di dimostrazione capace di persuadere le persone le più volgari ed ignoranti ».

« Negli Stati Uniti d' America i parafulmini si contano a migliaia, e trovansi tanto sulle più sontuose abitazioni, quanto sui i più poveri tugurii. L' industre coltivatore delle campagne, l'ardito *pioniere*, che precede, ai confini di quella potente confederazione, l'incivilimento delle nazioni selvagge, che la circondano tuttora da alcuni

plures eriguntur virgae, quarum altera distet ab altera circiter 60, vel 70 pedibus; inter se tamen ferreis filis communicent. Virgae strictim adnectitur conductor, seu *filum salutis* ex cupreis filis, quae simul contorta funem conficiant diametri unius pollicis; hoc autem filum salutis deduci debet ad eam telluris profunditatem, quae constanter humore scateat, vel aquarum receptaculum contineat; extrema pars ejusdem fili in plura fila distribuitur, per quae facilius expandi possit fulmineus ignis; curando tamen ut locus, ad quem fila pertingunt, aliquot pedibus distet ab aedificii fundamentis, ne electricus ignis irruat in ipsum aedificium, illudque a fundamentis excutiat. Maxime autem cavendum ne qua vel minima habeatur interruptio inter metallicas partes, quae apparatum constituunt. Ne rubigo metalla corripiat, optimum erit singulas obducere conductoris partes vel pice liquata, vel oleoso glutine gummi, una excepta acie, in qua virga desinit. Quantum autem aedificiorum incolumitati inserviunt hi fulminum ductores, tantum iisdem nocent acuminati ventorum indices, cruces cuspidatae vel radiis ornatae, et similia, quae turrium fastigiis praecipue imponi solent. Quum enim omnia haec non habeant cum tellure immediatam communicationem, fluidum electricum (adeoque et fulmina) valent quidem e nubibus arripere quin tamen ipsum valeant opportune dissipare: hinc evenire plerumque videmus, fulmina sacrorum aedificiorum summitates his cuspidibus instructas petere, et super iisdem congesta eas dejicere, ac prosternere.

805. Quamvis autem fluidi electrici in atmosphaera, ac in nubibus existentia evidentissimis indiciis sit explorata, non satis tamen constat apud Physicos unde illud suam trahat originem, et quaenam caussae ad ipsum evolvendum concurrant. Ejus caussam tribuunt plurimi copiosissimo electrico fluido, quod vapores a tellure, et ab aereis stratis telluri proximioribus subripiunt, secumque in superiores atmosphaerae regiones deferunt, ubi illud sese expandens, vel praeterfluit in nubes minori electricitatis copia imbutas, et in ipsam atmosphaeram; aut in nubibus consistit, donec densatis vaporibus, vel pluvia, vel nive, vel grandine, vel quolibet alio deferente corpore iterum ad tellurem perveniat. Sua tamen edere non potest

lati, non abbisognano d'architetti o d'ingegneri per difendere le modeste e comode loro capanne dalle devastazioni della folgore; ma si procacciano con poche monete una data quantità di grosso filo di ferro, ed una spranga dello stesso metallo; fermano saldamente la spranga sul punto più alto del tetto, e mediante il filo metallico la pongono in comunicazione col pozzo d'acqua sorgiva scavato per l'uso della famiglia. I temporali sono frequenti nelle vaste regioni della Unione Americana, e moltissime abitazioni armate, con sì tenue spesa, di conduttori metallici vengono percosse ogni anno dal fulmine. Ora, meno poche eccezioni, prodotte da negligenze ben averate di costruzione o di manutenzione, il torrente elettrico colpisce sempre l'estremità della spranga, segue il filo di ferro, e scende invariabilmente nel pozzo lasciando perfettamente intatte le parti tutte del Fabbricato » — *Poliorama Pittoresco. fasc. II° XIV° an°, 1852. pag. 46, 47, 48.*

phaenomena, nisi bene agitetur; id quod semper evenit, ubi saevit procella; non secus ac silet electricitas in corporibus electricis, priusquam confricentur, aut percutiantur. Patet igitur, si res ita se habeat, ratio, cur in aereis stratis magis a tellure distantibus vividiora habeantur electrica signa; et cur aestivo tempore frequentiores saeviant procellae; nam aestuante aere, innumeri vapores elevantur ex tellure in atmosphaeram, maximamque secum deferunt electricitatis copiam (1).

806. Huic autem Physicorum opinioni non absolute litandum duxit Pouilletus, qui observationibus, et experimentis pene innumeris, ac diversissimis colligere posse putavit, simplicem evaporationem, quae in liquidorum superficie locum habet, nullam electricitatem emittere. Hujusmodi itaque caussam hic percelebris Physicus repetit 1.° ab oxygenii combinatione cum corporibus cujuscumque naturae; nam constanter expertus est, oxygenium in hoc casu electricitatem positivam evolvere; corpora autem, cum quibus combinatur, electricitatem negativam emittere; id quod unusquisque pro suo lubitu experiri potest: 2.° ex plantarum vegetatione, quae fit ex combinatione carbonii earumdem plantarum cum aeris oxygenio, quamque potissimam electricitatis atmosphaericae originem esse ducit. Sed de his consule ipsum Pouillet (2). Reliqua in Meteorologia.

ARTICULUS SEXTUS

DE FLUIDI ELECTRICI VIRTUTE MEDICINALI, SEU DE EJUS ACTIONE IN PLANTAS, ET ANIMANTIA.

807. Fluidum electricum diversis corporibus, et maxime organicis convenienti ratione applicatum quosdam procreat effectus, qui Physicorum attentionem sibi conciliant. Ut autem hi effectus facile concipi possint, sit vas metallicum A aqua repletum (Fig. 119.) in suo fundo plurimis ita exilissimis pertusum foraminibus a, a', a'', ut aqua guttatim, et aegre ex eis defluat. Vas istud per suum uncinum B conductori C Machinae electricae suspendas velim; deinde Machinae discum in gyrum vertas, ut in conductore, adeoque in ipso vase vis electrica excitetur: observabis, aquam illico e tubulis erumpere, et ad distantiam usque notabilem rapidis et continuis jactibus divergentibus prosilire, id quod evidenter innuit, omnes fluidi electrici particulas in seipsas mutuo agentes se mutuo repellere. Ex isto igitur experimento certum est, electricitate accelerari fluidorum

(1) Vide Beccaria, *Dell' elettricismo artific. e natural.*, et Saussure, *Voyages dans les Alpes*, *Tom 2, chap. 28.*

(2) Vide Pouillet, *Mem. sur l'orig. de l'electricitè atmospher. Annal. de Phys. et Chim. t. 35. an. 1827.*

per tubos capillares motum : adeoque plures electricitatis effectus in plantarum vegetatione, ac animali oeconomia posse explicari. Et 1.° quidem electricitas seminum germinationi plurimum favet. D. Jallabert Genevensis experimento subjecit semina, quae, favente electricitate, multo citius germinarunt, quam alia ejusdem generis in simile solum jacta, sed electricitatis subsidio destituta. 2.° Succi nutricii circulationem in plantis accelerat: nam D. Mimbrayus Edimburgensis narrat, in duobus myrtis, quibus virtutem electricam transmiserat, bulbos, et ramos citius germinasse quam in aliis ejusdem speciei, licet prioribus, excepta electricitate, omnino similibus. Idem Jallabert per dies 15 virtutem electricam transmisit bulbis junquillae, et narcissi, qui lagenis aqua plenis impositi detinebantur; quo tempore elapso, longe major fuit hujusmodi plantarum progressus, quam in aliis virtute electrica destitutis: in prioribus namque visa sunt folia sese latius expandere, caules magis augescere, flores celerius sese explicare. Effectus his omnino similes obtinuerunt permulti alii Physici; quamvis Senebier, et Decandolle nihil ejusmodi in seminum germinatione, vel succi nutricii circulatione se reperisse testentur.

808. Sed electricitas valentiores effectus gignere debet in animantium corporibus, quorum vascula sunt magis capillaria. Id quoque constat ex phialae Leydensis *concussione*: si namque fluidum electricum in ejus generis experimentis intimas animalium fibras pervadere valet; satis quoque esse debet ad fluidas animalium partes magis dissolvendas, atque concutiendas; ex quo evenire debet, ut ad motum hae aptiores reddantur, adeoque ut et respiratio augeatur. Inde conjecerunt Physici, quibusdam in morbis utiliter adhiberi posse fluidi electrici virtutem, et praesertim in iis morbis, qui a solidorum debilitatione, vel humorum crassitie oriuntur. Quocirca quum paralysis, rheumatismus, obstructio, emicrania etc. ex iis caussis repetantur; patet, non parum adjumenti per electricitatem iis afferri posse, qui talibus morbis afflictantur. Et re quidem vera non desunt aegrotorum exempla, qui electricitatis beneficio convaluerunt. Plurima hujusmodi facta narrantur a Poli (1), quem consule, si volupe tibi est.

809. Illud tamen animadvertendum, non omnes morbos eadem methodo esse curandos. Adhibetur enim electricitas vel *per modum balnei*, quando scilicet aegrotus scamno vitreis pedibus instructo imponitur, ut insulatus remaneat, et cum machinae electricae conductore communicet (752); vel *per stellulas*, cuspidem nempe aegroto electrificato admovendo, quae in corporis partes morbo affectas hinc inde dirigitur; tunc autem aegrotus levem vellicationem

(1) Poli. Lez. di Fis. Lez. XXVIII. Art. 13. n. 1946.

persentit. et fluidum electricum stellulae praesentia fit obvium: 3.° per *scintillas*, quae ab infirmo positiva electricitate donato educuntur per alterius corporis approximationem, ita ut vapor electricus, per circulationem quamdam, validiorem producat effectum: 4.° denique per *concussiones*, quae ex phialae Leydensis exoneratione obtinentur. Concussiones iis dumtaxat opem ferunt, qui quoad partes nonnullas sunt omni ferme sensu destituti, cujusmodi sunt paralytici; at cavendum, ne in debilium personarum morbis, uti sunt infantuli, et mulieres praegnantes, concussiones praedictae, si praesertim validiores sint, adhibeantur. De arte, et industria, qua hujusmodi fluidum in omnibus his casibus sit humano corpori applicandum, legas Poli Lect. et art. citato.

ARTICULUS SEPTIMUS

DE RELIQUIS MODIS, QUIBUS ELECTRICITAS IN CORPORIBUS EXCITATUR.

810. Hucusque non alium excitandae electricitatis modum novimus, quam corporum perfricationem. Haec autem non tamquam sola electricitatis caussa mechanica habenda est; quaedam enim sunt circumstantiae, in quibus tum *pressio*, tum partium corporis *sejunctio*, tum *abrasio*, tum denique *temperatura* et *quaedam chemicae actiones* electricitatem excitare valent. De singulis hic pauca dicemus.

811. Excitatur primo electricitas *pressione*; si namque tenuissimo serico panno (taffettà) gummi obducto superimponatur metallicus discus, qui inde, pressione sequuta, ope vitrei manubrii removeatur; discus electroscopio admotus reperietur *defectu* electricus; sericus autem pannus electricus *excessu* invenietur. Et quamvis ex hoc experimento (quod D. Libes primum debetur) nihil colligi posse videatur; adhaesio namque inter metallicam disci faciem, et viscosam vernicis superficiem eumdem ac perfricatio effectum gignere potest: D. tamen Hauy electricitatem excitavit in pluribus corporibus laevigatissimis ita constitutis, ut ejus causa *simplici pressioni*, non autem perfricationi omnino tribuenda sit: si ex. gr. frustum spathi islandici, cujus facies oppositae sint parallelae, quocumque modo, vel etiam digitis prematur, illico positiva electricitate onerabitur: idem prorsus evenit in topazio, in mica, et generatim in omnibus illis substantiis mineralibus, quae in laminas planas, et bene compactas dividi possunt: quae omnes hac etiam singulari proprietate sunt praeditae, ut electricitatem hoc modo acquisitam pluribus horis, et aliquando etiam pluribus diebus servare valeant. D. Becquerel denique expertus est in singulis gene-

ratim corporibus hanc inesse proprietatem , ut electrica evadere possint non *perfricatione* tantum, sed etiam *pressione*; electricitatis autem hoc posteriori modo excitatae copiam a duabus praecipuis circumstantiis pendere, nempe a pressionis gradu majori, et a celeritate, qua duo corpora disjunguntur. Animadvertendum est tamen, electricitatem pressione excitatam aliquando non esse conspicuam, sed dissipari, nisi arte, et industria detineatur, quemadmodum et in electricitate per confricationem excitata haud raro evenire conspicimus.

812. In quibusdam corporibus electricitas excitatur *calefactione*. Hac proprietate praedita est *Turmalina*, quam veteres *Lyncurium*, Linnaeus vero *lapidem electricum* appellabat. Est autem *turmalina* lapis, qui in India, ac praesertim in insula Ceylan invenitur, ubi *Tournamal* nativo sermone vocatur, subrubri, vel subviridis coloris, paullo diaphanus, ejusdem duritiei ac crystallus, et variae magnitudinis. Electricam ejus virtutem indigeni ejus insulae jamdudum noscebant; ex quo autem Batavi mercatores hunc singularem lapidem in Europam intulerunt, omnes Physici, ac praesertim ii, qui saeculum proxime elapsum illustrarunt, uti fuere Oepinus, Canton, Wilson, Priestley. Bergmannus etc., in exploranda ejus mirabili proprietate omne suum studium contulerunt. En phaenomena, quae ipsis inspicere, et adnotare datum fuit. 1.° Hic lapis calefactione fit electricus, quaecumque fuerit calefactionis causa, sive ardentes prunae, sive cineres calidae, sive aqua ebulliens, et similia : gradus autem calefactionis debet esse intra 10' et 150°; nam igne vehementiore interdum vi electrica privatur : 2.° spectari potest veluti magnes electricus : quum enim caletit, electricitatis signa edit in duobus oppositis punctis, seu polis, quorum axis transit per ejusdem centrum, atque est stratis componentibus parallelus : horum alter polus fit electricus *positive*, alter *negative*, ita ut leve corpusculum ab uno polo attractum, ab altero repellatur : 3.° has electricitates oppositas eodem tempore sibi comparat, praesertim si calor sensim augeatur : 4.° aliquando si in medio magis calido constituatur, latus *negative* electricum fit electricum *positive*, et viceversa, idem evenire potest etiam ubi in medio minus calido transferatur : 5.° nullam lucem, nullam scintillam effundit, sive attritu, sive igne electricitas in eo exciletur : 6.° virtus ejus electrica per aerem aeque ac per aquam transit, nec destruitur ullo ex iis vulgaribus modis, quibus aliorum corporum electricitas solet dissipari : machinae electricae discus ex. gr. omnem amittit electricitatem, si conductor non insuletur; turmalina vero etiam non insulata illam non deperdit : 7.° denique duae turmalinae ex calefactione electrificatae, et filis sericis, vel lineis suspensae se invicem alliciunt, numquam repellunt : dum e contrario alia quaevis

corpora electrica ejusdem speciei se mutuo repellunt. Hujus lapidis proprietate gaudent etiam topazius Brasiliensis, saccharum, oxydum zinci, et quaedam ex illis crystallis, quarum formae non sunt symmetricae(1). In metallis etiam electricitas per caloris actionem alia ratione evolvitur, ut inferius videbimus, ubi de thermoelectricis phaenomenis loquemur.

813. *Sejunctione* partium e quibusdam corporibus electricitatem evolvi sequens probat experimentum. Micae frustum manubrio vitreo affigatur; deinde celerrime ex eo aliquae laminae auferantur: si haec operatio in loco obscuro perficiatur, lux quaedam phosphorescens emicabit, et in lamellis ablatis electricitas ei contraria reperietur, quam habet residuum micae frustum. Lapis specularis, saccharum, creta, aliaeque substantiae evadunt electricae per partium sejunctionem. Idem experire poteris in charta glutine inspissata, ubi ejus partes successive lacerentur.

Abrasio etiam electricitatem evolvit. Volta abradendo corpus quoddam cultri ope, et rasuram in lance insulata excipiendo, expertus est, particulas abrasas, aeque ac corporis massa residua, electrometro expositas manifesta praebere electricitatis indicia. Ex lignis, ossibus, saccharo, cera, sebo, marmore etc. hac ratione abrasis signa electrica, et aliquando etiam scintillam D^{nus} Volta obtinuit.

814. Denique idem Volta anno 1782 expertus est, *aquae ebullientis evaporationem*, omnesque illas *chemicas operationes*, in quibus fluida elastica evolvuntur, electricitatem gignere. D. Armstrong qui cum D^{no} Faraday hanc electricitatem etiam ex affrictu vaporum contra vasis parietes oriri putat, paucis abhinc annis tantam electricitatis copiam ex lebete ad vaporem efformandum destinata (*da una caldaja di macchina a vapore*) eduxit, quanta obtineri nequiret etiam valentioribus machinis electricis. Hoc principio nisus, quamdam Machinam electricam, in qua ex vaporis actione electricismus excitatur, concinnavit. Opinatur hic Physicus plus electricitatis e lebete, ubi vapor efformatur, quam a tubo, unde ejusdem vaporis torrens prosilit, colligi posse. Hanc etiam opinionem propugnavit illustris Franc. Orioli in septimo Italico congressu Neapoli anno 1845 habito, eique illustriores Physici, Botto nempe, Matteucci, Belli, Mossotti etc. adhaeserunt. De *actionibus chemicis* electricitatem evolventibus inferius loquemur. Nunc ad nostrum propositum satis.

(1) Vide Matteucci, Lez. di Fis. Lez. LIII.

CAPUT TERTIUM

DE ELECTRICITATE DYNAMICA, SEU DE ELECTRICITATE PER CONTACTUM EXCITATA.

815. Praeter eas electricitatis caussas, quas supra (810-814) recensuimus, nempe corporum *affrictum*, *calorici actionem*, *pressionem*, *sejunctionem*, *abrasionem*, liquidorum *evaporationem* et *actiones chemicas*, est et alia ejusdem excitandae ratio, quae *ex heterogeneorum metallorum mutuo contactu* oritur, eaque *electricitas galvanica* denominari ab aliquibus solet, appellatione facta ab Aloysio Galvani Bononiensi, qui anno 1791 primus illam detexit. Phaenomena, quae ab electricitate prioribus modis excitata oriuntur, a sublatione aequilibrii ejusdem electricitatis pendet, ut diximus (748); tunc enim fluidum illud celerem concipit motum, ut in tellurem, et in reliqua corpora, in quibus deficit, se se diffundat, unde *signa electricitatis obvia* habentur: phaenomena vero, quae electricitati posteriori modo excitatae debentur, quum a fluidi electrici motu in *jugem ac continuum torrentem* se se diffundentis pendeant, *electricitatis dynamicae* objectum constituunt. Necesse est igitur, ut apparatus alterius generis hic exponantur, quorum ope vis electrica semel excitata *in torrentem* se se constituat, qui tamdiu perdurat, quamdiu vis excitatrix suam actionem edere non cessat. De his posterioribus phaenomenis nunc tribus in articulis agemus, in quorum primo de Aloysii Galvani mirabili invento loquemur, ac de hypothesibus pro eo explicando: in altero de Pila Voltae, ac de aliis Pilae speciebus; in tertio denique de Pilae effectibus physicis, physiologicis, ac chemicis.

ARTICULUS PRIMUS

DE ELECTRICITATIS GALVANICAE DETECTIONE, AC DE HYPOTHESIBUS PRO EA EXPLICANDA.

816. Illustris Galvani in Academia Bononiensi Anatomes Professor quaedam capiens experimenta ope machinae electricae fortuito vidit ranam degluptam, quae non procul a machinae conductore jacebat, ex nervorum subita convulsione distorqueri, dum unus ex illius discipulis ex eodem conductore scintillam eliciebat, et alter nervum cruralem ranae quodam scalpello tangebat. Novitate rei correptus, hunc motum actioni electricitatis primum tribuit; sed quum continuam experimentorum seriem hac super re accurate instituisset, observavit, easdem semper excitari convulsiones in ranis, quando per duo diversae speciei metalla earumdem nervi, et

musculi inter se communicant. Profecto si nervi crurales ranae pelle visceribusque exutae incumbant lamellae stanneae A (Fig.120.); musculi autem coxarum, vel crurum argenteo nummo B insistant, atque hae et musculi arcu metallico CD tangantur, ideoque nervos inter et musculos aperiatur communicatio; illico videbimus ranam vivida contractione affici. In hoc experimento nervi, musculi, stanneae, ac argenteae lamellae, et arcus metallicus quemdam efficiunt circulum, quem in duos arcus dividere possumus, quorum primus, ex ranae organis efformatus, *arcus animalis* nuncupari potest: alter vero ex metallis ad instituendam communicationem nervos inter, et musculos destinatis, *arcus excitator*, vel simpliciter *conductor* vocari solet: metalla denique sub nervis, et musculis posita appellantur *indusia*, vel *armaturae*. Convulsiones, quae in animantibus hoc modo praeparatis excitantur, *contractiones galvanicae* vocantur.

817. Ex hoc aliisque innumeris experimentis (quae in libello, cui titulus: *Aloysii Galvani de viribus electricitatis in motu musculari Commentarius, Bononiae* 1791, legi poterunt) opinatus est Galvani, musculares contractiones adscribendas esse electrico cuidam fluido animalibus omnibus insito, quod *electricitas animalis*, vel *fluidum vitale* ipse vocavit; ejus vero sectatores postea ab ipsius nomine *fluidum galvanicum* illud appellarunt. Putabat nempe Galvani hoc fluidum praeparari vi cerebri, extricari e sanguine, et per nervos deferri ad singulas corporis partes; sed potissimum cumulari, ac residere in musculis, quorum partes interiores sint *excessu* electricae, exteriores autem eorumdem superficies sint electricae *defectu*. Musculos idcirco parvulas esse phialas Leydenses autumabat, nervos autem esse *conductores*; adeoque aperta ope arcus metallici nervos inter et musculos communicatione, illico fieri contractiones musculares existimabat, non secus ac explosiones in phialis Leydensibus.

818. Evulgato hoc Galvani invento, omnes Galliae, Angliae, ac Germaniae Physici eo suam operam contulerunt, ut iisdem repetitis, novisque institutis experimentis fluidi hujus exilissimi (a quo etiam vitae phaenomena pendere posse aliqui ex iis rati sunt) existentiam invictissimis argumentis constabilirent. Dum omnes probandae, ac firmandae Galvani hypothesi obstinato animo studebant, celeberrimus Eques Alexander Volta in Papiensi Universitate Professor, novis experimentis, novisque inventis anno 1792 edixit, et luce meridiana clarius demonstravit, musculares contractiones tum ranae, tum aliorum animantium, quibus recenter erepta sit vita, non oriri ab *electricitate animali* musculis inhaerente, sed ab *electricitate communi*, quae ex metallis *se mutuo contingentibus* evolvitur. Et re quidem vera, si duo diversae speciei metalla, ex.gr. *cuprum*,

et *zincum*, dum in altera eorum superficie a corpore quodam cohibente sustentantur, superficie altera ad mutuum contactum adducantur, *oppositas* electricitates acquirent, nimirum *cuprum* reperietur electricum *negative*, *zincum* vero *positive*. Nullius itaque momenti esse comparationem cum phiala Leydensi observavit; eumdemque prorsus fluidi electrici torrentem, eademque phaenomena obtineri absque partium animalium interventu, et solo diversorum metallorum contactu, quovis humido corpore interposito, compertus est. Hinc organa animalia in hac Voltae hypothesi esse mere *passiva* colligitur, nempe nonnisi instituendae fluidi electrici ex uno in aliud metallum communicationi inservire; et esse veluti sensibilissima *electroscopia*, quae vel tenuissimas electricitatis quantitates indicare valent exquisitioribus instrumentis omnino impervias. Huic Voltae opinioni, experimentorum ac observationum numero ac pondere perculsi, statim omnes Physici litarunt; praesertim postquam ipsemet Volta anno 1810 suam theoriam exposuit, et pluribus experimentis ope Pilae a se inventae firmissime demonstravit coram Academicis Parisiensibus et ipso Napoleone Bonaparte, a quibus aureus nummus honorarius ipsi oblatus fuit hoc modo inscriptus; *A Volta, Séance du II Frimaire, an*. X. Hinc nova *electricitatis* ex *contactu* theoria exorta, quae scientiarum Physicarum campum nostris diebus mirifice locupletavit.

819. Ex iis, quae huc usque diximus, liquido patet discrimen, quod inter Galvani et Voltae hypothesim intercedit. Ille namque putavit ranae degluptae contractiones oriri ex quodam fluido *sui generis*, quod in animalium nervis et musculis residere autumabat, quodque *fluidum galvanicum* a suis sectatoribus appellatum fuit: Volta vero demonstravit, fluidum illud nihil aliud esse, nisi ipsissimum fluidum electricum, quod quin in fibris nervorum animalium lateat, in ipso arcu conductore, seu in substantia metallorum heterogeneorum residet, a quibus, ubi *se mutuo contingunt*, excitatur atque evolvitur. Et quamvis hujus fluidi actio sit valde debilis, dum tamen per fibras animales ranae, circuitione quadam instituta, pertransit, convulsiones a Galvani primitus observatas in animalium fibris irritationis in summo gradu capaces producit. Postquam itaque idem Volta luculenter demonstravit, duo diversae speciei metalla necessario requiri ut fluidum illud enodetur, ejusque transfluxum a substantiis cohibentibus impediri, adeoque hoc phaenomenon non differre ab iis, quae in exoneratione machinae electricae, vel phialae Leydensis observantur, invictissimis experimentis et rationibus statuit, *fluidum illud esse ipsissimum fluidum electricum diversa ratione excitatum*, nempe *ex mutuo metallorum heterogeneorum contactu*, quod fluidum condensatoris ope colligi, eademque prorsus phaenomena edere potest, ubi accumuletur in quodam ap-

paratu a se invento, de quo nuper loquemur. Vide Pouillet (1), et Matteucci (2).

ARTICULUS SECUNDUS

DE PILA VOLTAE, ALIISQUE PILAE SPECIEBUS.

820. Experimentum nuper memoratum occasionem praebuit D^no^ Voltae, ut instrumentum vere mirabile inveniret, quod, ut ait Arago, omnes recentiores inventiones longe superat, nequidem ipsa machinarum, quae vapore moventur, inventione excepta. Instrumentum illud *Pila Electrica*, et a suo inventore *Pila Voltae* appellatur. Hujus ope electricitas, quae in contactu duorum metallorum heterogeneorum est valde debilis, mirifice accumulatur. Constat pluribus parvis discis ex *cupro* et *zinco* (Fig. 121.) ea ratione alternatim superpositis, ut si Pila incipiat a disco cupreo, secundus sit ex zinco, tertius ex cupro, quartus ex zinco, et sic deinceps, ita tamen ut pila desinat in zincum. Ubi autem Pila a disco ex zinco incipiat, huic superimponitur discus cupreus, deinde alius discus ex zinco, atque ita porro, adeo ut pars superior desinat in cupreum discum. Singuli disci ex zinco Pilae *elementa positiva* constituunt; disci vero ex cupro *elementa negativa*: bini autem disci ex cupro, et zinco simpliciter *elementa voltaica* appellantur, italice autem *un pajo*, o *una coppia*. Ut autem fluidum electricum, quod a cupro evolvitur, et in zincum pertransit, sese effundere possit in alterum contiguum discum; post singulos binos ex cupro, et zinco discos (tra ogni coppia) collocatur aequalis discus ex *panno*, vel ex *charta spissa, salso humore saturatus*, qui *conductor* appellari solet. Ad augendum deinique superficierum contactum, singuli disci ex cupro adferruminari solent singulis discis ex zinco. Discorum numerus nullum habet definitum terminum; prout autem sunt numero maiori, augetur Pilae efficacia, et vis. Pilae, quae passim construuntur, ex 50, vel 60 ex cupro discis constant, totidemque ex zinco, quorum diameter sit circiter duorum pollicum. Fig. 122. *Pilam Voltae* proprie dictam exhibet.

821. Pila hoc modo constituta duos *polos* habet, polum nempe *positivum*, seu *polum zincum*, et *polum negativum*, seu polum *cuprum*; quorum primus in ultimo disco ex zinco residet, alter in primo disco cupreo, a quo eorum series incipit; nam constanti experientia compertum est, discum *ex zinco electricitate positiva* imbutum reperiri; *discum* vero *ex cupro electricitate negativa* (818).

(1) Pouillet, Phys. Lib. III. Sect. III. n. 218, 219.
(2) Matteucci, Lez. di Fis. Lez. XLVII.

Extremitas superior Instrumenti hac ratione efformati *Pilae vertex* appellatur, extremitas inferior vocatur ejus *basis*. Singulis polis conjungitur filum metallicum, quod *filum polare*, vel *reophorum*(1), vel etiam *electrodum* (2) audit; hinc in qualibet Pila adest *reophorum*, vel *electrodum positivum*, et *reophorum* vel *electrodum negativum*. Aliquando duo poli unico filo conjunguntur, per quod electricismus ex uno in alium polum transit; tunc autem hoc filum *conjunctivum* appellatur. Haec vis, qua fit, ut duo disci se mutuo contingentes opposita electricitate semper onerentur, ea est, quam *electromotricem* vocant; unde Pilae, cujuscumque formae illae sint, *apparatus electromotores* vocari solent. D. Volta ope condensatoris, et Coulombius ope bilancis electricae demonstrarunt, excessum electricitatis in discis ex zinco supra discos cupreos esse constantem. Quum autem idem Volta observasset, vim electromotricem esse variam pro diversis substantiis metallicis, quae ad invicem apprimuntur, eamque esse maximam inter zincum, et cuprum, vel inter zincum, et argentum; eamdem vero esse minimam, et fere inconspicuam inter liquidas substantias se mutuo contingentes (quas proinde *electro-conductrices* vocavit), vel etiam metallis interpositas; hinc patet ratio, cur discos ex zinco, et cupro constituerit, et cur inter singulos binos ex cupro, et zinco discos posuerit pannum salso humore saturatum. His positis, en, juxta D[ni] Voltae mentem, Pilae theoriam. Si electricitatem positivam signo + indicemus, negativam signo —, statum vero naturalem signo 0; pronum est colligere, in primis binis discis Pilae electricitatem ex zinco esse $= + 1$, electricitatem vero disci cuprei, quae $= -1$ esse deberet, reipsa esse $= 0$; nam quum ejus communicatio cum communi receptaculo non sit interrupta, semper novam fluidi copiam inde haurit, quae in statum naturalem illud restituit. Quum autem inter binos priores discos, et eos, qui immediate sequuntur, interponatur discus ex panno, vel charta spissa salso humore saturatus, qui electricitati conducendae inservit, patet, binos discos huic superpositos esse eodem tempore electricitatis *conductores*, et *excitatores*; *conductores* quidem, quia cupreus discus ope panni, vel chartae humidae electricitatem positivam disci ex zinco inferius positi recipit, et disco ex zinco sibi superposito communicat; *excitatores* vero, quia ex hoc etiam contactu inter cuprum et zincum electricitas positiva $= + 1$ in disco ex zinco excitatur. Accumulatur proinde in his posterioribus dupla quantitas illius electricitatis, quae in prioribus binis discis reperiebatur; et ita quidem, ut hic in disco ex zinco electricitas sit $= + 2$; in cupreo disco sit $= 1$. In

(1) A ῥέω, fluo, et φέρω fero; quasi *fluxum, seu torrentem ferens*.
(2) Ab ἤλεκτρον, et ὁδός, iter; quasi *iter, per quod electricum transit*.

discis, qui tertium occupant locum, electricitas zinci erit $= 3$, et cupri $= 2$, et ita porro. Quocirca in discis ex zinco habetur progressio arithmetica, cujus termini sunt 1,2,3,4,5,etc.; in discis cupreis eadem progressio, cujus termini sunt 0,1,2,3, 4... etc.; adeoque si Pilam ex quinque *elementis voltaicis* (820) constare ponamus, sequens series uniuscujusque elementi statum electricum indicabit

$$\text{V.}\left\{\begin{matrix} z=5. \\ c=4. \end{matrix}\right\} 9$$
$$\text{IV.}\left\{\begin{matrix} z=4 \\ c=3. \end{matrix}\right\} 7$$
$$\text{III.}\left\{\begin{matrix} z=3. \\ c=2. \end{matrix}\right\} 5$$
$$\text{II.}\left\{\begin{matrix} z=2. \\ c=1. \end{matrix}\right\} 3$$
$$\text{I.}\left\{\begin{matrix} z=1. \\ c=0. \end{matrix}\right\} 1$$

Si harum duarum progressionum termini addantur, erit pro discis ex zinco $1+2+3+4+5=15$; et pro discis cupreis $0+1+2+3+4=10$, quorum summa est $15+10=25=5.^2$; scilicet in Pila, quae cum communi receptaculo communicet, *electricitas singulorum elementorum, ex quibus conflatur, se habet ut series numerorum imparium; electricitas vero omnium elementorum, seu totius Pilae est ut quadratum numeri eorumdem elementorum*; id quod hac formula generali etiam indigitare possumus. Sit n numerus elementorum alicujus Pilae; electricitas in discis ex zinco erit n; $n-1$; $n-2$; $n-3$. . . . 1 ; quorum summa est $= n\left(\frac{n+1}{2}\right)$; in discis cupreis erit $n-1$; $n-2$; $n-3$ . . . 0 ; quorum summa erit $= n\left(\frac{n-1}{2}\right)$; ac proinde easdem addendo, erit $n\left(\frac{n+1}{2}\right)+n\left(\frac{n-1}{2}\right)=n.^2$

822. In hac elementorum dispositione polus negativus cum communi receptaculo communicat; positivus vero est insulatus; adeoque electricitatis quantitas juxta seriem numerorum imparium crescet a primo disco ex zinco, ubi est $= 1$, usque ad quintum, si ex quinque elementis constet. Concipe aliam Pilam huic omnino similem, cujus polus positivus cum tellure communicet, et negativus sit insulatus; evidens est, hanc aliam Pilam electricitate negativa onerari, quae a primo disco cupreo (illo nempe, qui disco ex zinco cum tellure communicanti adferruminatus est) ad quintum juxta eamdem seriem crescet. Apprimas, velim, ad invicem has duas Pilas hoc modo constitutas, ita tamen ut duo poli cum tellure communicantes, interposito dumtaxat disco ex panno, vel charta ma-

defacta separentur; habebis ita ex duabus unam Pilam a decem elementis constitutam, cujus quaelibet pars dimidia servabit aequilibrium electricum, ut antea; ejus medium proinde in statu naturali remanebit, etiam sublata cum communi receptaculo communicatione; adeoque hinc incipiendo, ex una parte habebis electricitatem positivam; ex altera vero negativam; hae oppositae electricitates consociari nequeunt, earumque densitates in unoquoque polo erunt $= 5$, hoc modo.

$$\begin{array}{lcl}
\text{V.} & \left\{\begin{matrix} z+5. \\ c+4. \end{matrix}\right\} & \text{X.} \\
\text{IV.} & \left\{\begin{matrix} z+4. \\ c+3. \end{matrix}\right\} & \text{IX.} \\
\text{III.} & \left\{\begin{matrix} z+3. \\ c+2. \end{matrix}\right\} & \text{VIII.} \\
\text{II.} & \left\{\begin{matrix} z+2. \\ c+1. \end{matrix}\right\} & \text{VII.} \\
\text{I.} & \left\{\begin{matrix} z+1. \\ c+0. \end{matrix}\right\} & \text{VI.} \\
\text{I.} & \left\{\begin{matrix} z-0. \\ c-1. \end{matrix}\right\} & \text{V.} \\
\text{II.} & \left\{\begin{matrix} z-1. \\ c-2. \end{matrix}\right\} & \text{IV.} \\
\text{III.} & \left\{\begin{matrix} z-2. \\ c-3. \end{matrix}\right\} & \text{III.} \\
\text{IV.} & \left\{\begin{matrix} z-3. \\ c-4. \end{matrix}\right\} & \text{II.} \\
\text{V.} & \left\{\begin{matrix} z-4. \\ c-5. \end{matrix}\right\} & \text{I.}
\end{array}$$

823. In qualibet itaque Pila insulata electricitas ita disponitur, ut si in duas partes aequales concipiatur divisa, hae duae partes a puncto medio incipiendo, quod in statu naturali reperitur, opposita electricitate onerentur, quae juxta numerorum imparium progressionem ex uno in aliud elementum crescat. Ex superiori elementorum dispositione perspicitur, electricitatem negativam prioris disci ex cupro, et positivam ultimi disci ex zinco esse $= 5$, qui est dimidius numeri 10, numeri nempe illius, qui Pilae elementa designat; adeoque pro certo haberi potest, *statum electricum pilae insulatae esse ut quotientem numeri elementorum per numerum 2 divisi.* Sit n numerus elementorum, ita ut numerus totalis discorum Pilam constituentium sit $= 2n$. Posito quod discus inferior sit cupreus, et discus superior ex zinco, si vocemus x quantitatem electricitatis in ultimo disco ex zinco accumulatam,

progressio pro discis hujus generis erit x ; $x - 1$; $x - 2$ . . . . $x - (n - 1)$; quorum summa est $nx - n\left(\frac{n-1}{2}\right)$. Progressio autem pro discis cupreis erit $x - 1$; $x - 2$; $x - 3$ . . . $x - n$; quorum summa est $nx - n\left(\frac{n+1}{2}\right)$; si hae duae summae simul addantur, habebimus $2\,nx - n^2$; quae formula quum electricitatis quantitatem naturalem pilae insulatae, quam 0 exprimendam diximus (821), contineat; erit idcirco $2nx - n^2 = o$; ex quo fit $x = \frac{n}{2}$. Haec formula electricitatem poli positivi in statu aequilibrii indicat; poli autem negativi electricitas, quum sit $x - n$, fit $x - n = -\frac{n}{2}$; nempe quantitas electricitatis aequalis est in utroque polo, sed in zinco est $= \frac{n}{2}$ nempe *positiva*, in cupro $= -\frac{n}{2}$, scilicet *negativa* (1).

824. Hinc perspicue intelligitur constructio Pilae, quam vocant *a colonna*, quae nihil aliud est, nisi Pila superius (820.) descripta, ut refert Figura 121. Haec ut commodius adhiberi possit, praecipue ubi ejus *tensionem* augere cupimus, ita efformari solet, ut ejus elementa in tres, vel etiam quatuor Pilas dividantur, atque inter se eo modo communicent, ut unam Pilam constituant (Fig. 122 bis.). Ipsemet Volta hanc Pilae constructionem variavit, adhibendo nempe scyphos A, B, C, D etc. (Fig. 123.) aqua salsa repletos, inter quos communicationem ita instituebat. Arcus *c* 1 *z* 1 ex duabus laminis, una cuprea, altera ex zinco, invicem in puncto medio *o* adferruminatis constans, ita duobus scyphis A. et B contignis immergitur, ut cuprum in scypho A, et zincum in scypho B innatet; deinde cuprum *c* 2 alterius arcus in eumdem scyphum B mergatur, et zincum *z* 2 in sequentem scyphum C; atque ita porro. Hanc Pilae constructionem, cujus effectus sunt effectibus *columnae* prorsus similes, ejus Auctor vocavit *Apparato a corona di tazze.*

825. Quum autem Pila superius descripta (820.) id habeat incommodi, ut inferiores disci ex panno, vel ex charta humore salso saturata a superioribus discis pressi citius exsiccentur, humorque inde expressus, et per exteriorem Pilae superficiem decurrens peculiares inter elementa communicationes instituat, et Pilae effectum imminuat (2); idcirco Anglus Cruickshanks aliam Pilae con-

(1) Vide Phys. Dni. Fischer, cum additam. Dni Biot, Sect. VI, Cap. 36. nota A.

(2) His incommodis occurrit Inn. Bandieri Neapolitanus, hoc simplici artificio, ut nempe in ora cujusque disci ex zinco canaliculum excavet, in quo recipere se possit salsus humor a discis superioribus expressus; qui propterea non modo discos ex

structionem excogitavit, quae iisdem ac Pila ex variis scyphis inter se communicantibus nuperrime descripta principiis nititur. Constat haec Pila iisdem elementis rectanguli figuram exhibentibus, invicem adferruminatis, et aequali distantia, ac recto situ (sive *in cultrum*, ut ajunt) dispositis in capsa lignea AB (Fig. 124.); cujus interior superficies mastice cohibenti obducta est. Intervalla inter duo elementa interjecta, quorum latitudo duas, vel tres lineas non excedit, salso humore replentur, et pro discis ex charta, vel panno madefacto adhibentur. Primum atque ultimum elementum c et z supra reliqua interjecta eminent in capsae plano, et Instrumenti polos constituunt, quibus fila reophora c' et z' adnecti solent. Haec pila vocari solet ab Anglis *Trog-apparat*, italice *Pila a truogoli*. Quod si plures Pilae huic similes conjungantur ope fili conjunctivi, obtinebitur ea, quam *batteria galvanica*, o *voltaica* appellant.

826. In Figura 125. Pilae elementa diversa ratione construuntur. Singula hujus Pilae elementa ita sunt disposita, ut inter duas laminas ex cupro inserta sit lamina ex zinco, quae laminis cupreis proximioribus, communicatione per filum cupreum sibi adferruminatum instituta, conjungitur. Omnia haec elementa ligneae regulae A B sunt adnexa; ex quo fit, ut ad libitum immergi possint in subjecta recipientia, quae aqua sunt repleta, in qua $\frac{1}{16}$ acidi sulphurici et $\frac{1}{20}$ acidi nitrici dissolvuntur; hujus autem aquae usus est, juxta Voltae sententiam, ut electricitatem, quam primum elementum evolvit, proximo elemento communicet. Animadvertendum tamen, in hac Pila metallicas laminas inter se communicare non per mutuum contactum, sicut in aliis, sed per cupreum filum in uno extremo laminae ex zinco adferruminatum, in altero vero laminae cupreae appressum (1). Haec Pila a Wollastonio in hunc modum conformata, ipsius nomen recipit, et vulgo dicitur *Pila alla Vollaston*; ab aliis vero *Elettromotore a doppio rame* appellatur. Hujus generis Pila efficacior reddita fuit a D.no Novellucci, qui ad minimam distantiam cupreae laminae laminam ex zinco admovit, interposito inter ipsas panno madefacto; inde fit, ut hujus apparatus major efficacia pendeat non modo a duplici lamina cuprea,

charta, vel panno (qui ideo discis metallicis angustiores construuntur) semper madefactos servat; verum etiam sive ex capillaritate, sive ex affinitate chemica in ipsam extremam oram disci ex zinco sese insinuat.

(1) Ex principio superius firmato (818), quod nempe cuprum in zinci contactu statum negativum acquirit, intulit Davy impediri posse actionem rodentem aquae marinae in cupreas laminas quibus obducuntur navium carinae, si laminis cupreis lamina ex zinco adferruminetur; hoc enim modo acida, ex quibus sal marinum componuntur, utpote electro-negativa a cupro repelluntur.

verum etiam ex eo, quod torrentis electrici transitus per aquam ex zinco ad cuprum intra breve spatium absolvitur. Pila hoc modo concinnata vulgo vocatur *Pila alla Novellucci.*

827. Diversa alia ratione Physici Pilas concinnarunt; omnes tamen ad has duas praecipuas a Volta primitus efformatas (824) redigi possunt. Hodie vero hujus generis Pilae in capiendis experimentis parum adhibentur ; sed usitatiores sunt illae quae vocantur *a corrente costante*, seu *Pile a due liquidi*, inter quas eminent Pilae vulgo dictae *alla Daniell*, *alla Bunsen*, et *alla Grove*. Ut autem ratio constructionis Pilarum hujus generis pateat, sciendum est, *actiones chemicas* in edendis Pilae phaenomenis suam vim ita exercere , ut recentiores Physici, quorum agmen ducunt August. de la Rive, Faraday, et Matteucci magno experimentorum numero *contactus theoriam* a Volta propugnatam impugnaverint , et luculenter demonstraverint , in omnibus fere circumstantiis electricitatem, quam Volta *ex contactu* excitari putabat, nonnisi ab *actione chemica* oriri. Hoc principio nisi plures naturalis scientiae cultores, apparatus electomotores ita efformari posse rati sunt , ut laminae ex zinco, et ex cupro seorsim immergerentur in duas diversae speciei liquidas substantias inter se diaphragmatis ope ita separatas, ut dum earum commixtio impediretur, actioni chemicae, et torrentis electrici transitu daretur locus. Quumque experti fuissent, laminas ex zinco in acidorum contactu oxydationem concipere ; ad illud incommodum vitandum easdem amalgama obducendas esse cogitaverunt. Ex his duabus igitur conditionibus, nempe 1.° ut pro singulis elementis Voltaicis duae substantiae liquidae adhibeantur, 2.° ut laminae ex zinco amalgama obducantur, ortae sunt Pilae, in quibus torrentis electrici fluxus est jugis ac constans. Inferius autem expendemus an *ex contactus theoria* , vel potius *ex theoria actionum chemicarum* vis electromotricis origo repetenda sit.

828. Hinc Daniell suam Pilam ita confecit. In vase quodam cylindrico *c* (Fig. 126) ex cupro , quod laminae cupreae vices gerit, continetur liquidum quoddam, in quo sulphas cupri (vetriolo azzurro, o solfato di rame) ad saturationem dissolutum est. In hoc liquidum immergitur vas cylindricum *ab* ex creta porosa, in quo pariter continetur aqua acido sulphurico ita diluta , ut in decem aquae partibus una tantum acidi sulphurici pars sit dissoluta. In hac dissolutione denique lamina *z* ex zinco amalgama obducto innatat. Si plura ex hujusmodi vasis hoc modo dispositis inter se ita constituantur, ut cuprum unius elementi cum zinco alterius communicet, habebitur Pila vulgo dicta *alla Daniell*, cujus ope torrens electricus per plures horas jugi ac constanti vi perdurat , si sulphatis cupri particulae in liquido , quod in vase cupreo continetur, jugiter refundantur.

829. Grove pariter duo liquida adhibuit, ejusque Pila consistit quoque in *duobus recipientibus*, in *exteriore* scilicet C *ex vitro* (Fig. 127), in quo continetur aqua acido sulphurico perfusa; et in *interiore* AB *ex porcellana* parum cocta et maltha minime obducta, qui acido nitrico puro ad datam altitudinem impletur, et in aquam recipientis exterioris immergitur. Hic interior recipiens circumdatur lamina cylindrica ex zinco *zi*, cui adnectitur lamella cuprea *zd* ad angulum inflexa, cujus ope circuitio instituitur: deniquein acidum nitricum ejusdem recipientis AB immergitur lamina ex platino P. Haec omnia *elementum Pilae alla Grove* dictae constituunt. Plura ex his elementis, modo consueto, scilicet filis reophoris conjuncta, Pilam electromotore *alla Daniell* nuper memorato efficaciorem efficiunt, in qua torrens constanti vi eo diutius perdurat, quo purius fuerit acidum nitricum adhibitum. Grove expertus est, septem tantum elementa hujus Pilae a se confectae eumdem effectum gignere, ac alia quaecumque ex supradictis (824, 825), quae ex 50 elementis ejusdem dimensionis constet.

830. Quum autem platinum a Grove adhibitum magno pretio veneat, D^nus^ Bunsen pro platino adhibuit cylindrum cavum ex carbone. In Pila itaque *alla Bunsen* dicta eadem liquida adhibentur, ac in Pila D^ni^ Grove, nempe acidum nitricum, ac acidum sulphuricum dilutum; sed pro duobus solidis adhibentur cylindrus ex carbone, et lamina ex zinco. Hac vero ratione disponuntur: acidum nitricum continetur *in recipiente* C *vitreo*, vel *figulino*; (Fig. 128); cylindrus cavus *ex carbone cc'* in acidum nitricum recipientis C immergitur: vas porosum *ex porcellana* AB, in quo acidum sulphuricum dilutum continetur, in cylindri jam dicti cavitatem ita immittitur, ut suo fundo pertingat fundum vasis vitrei vel figulini acido nitrico ad datam altitudinem repleti; denique lamina ex zinco *z* immergitur in acidum sulphuricum dilutum. Figurae 129 et 130 sectionem omnium partium exhibent in ea dispositione, quam habere debent, ut Pilae elementum *alla Grove* et *alla Bunsen* constituant. Superiorem extremitatem cylindri ex carbone annulus cupreus ambit, cui lamina pariter cuprea adnectitur hoc signo +, ut indicet ibidem esse *polum positivum* hujus elementi; laminae ex zinco *z* pariter adnexa est lamina cuprea hoc signo —, quia ibi est *polus negativus*. Rebus ita constitutis, si inter has duas laminas, modo consueto, communicatio instituatur, habebitur Pila *alla Bunsen* dicta. Hodie tamen pro majori simplicitate hujus Pilae partes ut in Pila D^ni^ Grove disponi solent; scilicet acidum sulphuricum ponitur in exteriori recipiente C, in quem immergitur lamina cylindrica ex zinco *zi* (Fig. 127. n. 2); in hujus autem cylindri cavitatem immittitur recipiens porosus AB (Fig. 128) ex porcellana acido nitrico ad datam altitudinem repletus, in quem cylindrus ex carbone *c'c'* immergitur. Quodlibet corpus

deferens zincum pertingens vocatur etiam *polus negativus*, quia electricitatem negativam recipit.

831. In figura 130. exhibetur Pila hujusmodi ex decem elementis, quae inter se ita conjungi debent: primi elementi A polus positivus liber manet, sed polus negativus conjungitur cum polo positivo alterius elementi B, et sic deinceps, usque ad decimum elementum K, cujus proinde polus negativus liber manet. Hi duo poli, positivus scilicet primi elementi, et negativus ultimi, Pilae polos positivum et negativum constituunt. Hac ratione simul conjungi possunt viginti, quinquaginta, centum, mille hujusmodi elementorum, sicque Pilam omnium efficacissimam efficiunt.

832. Praeter Pilas hactenus descriptas, quarum elementa interjectis uno, vel duobus liquidis inter se communicant, existunt et aliae innumerae, quarum descriptionem passim in Physicae Tractatibus reperies. Omnium efficacissima est illa, quaè dicitur *Pila a gas di Grove*; sed ab ea describenda abstinemus, quia quum hydrogenii et oxygenii ope onerari debeat, haec autem fluida aeriformia non sint ubique obvia, nullius usus nobis esset. Vide Matteucci (1). Aliquid potius dicamus de Pilis, in quibus pro discis humidis, vel madefactis adhibentur disci ex substantia aliqua sicca, vel saltem non manifeste humida; hinc vocari solent *Pilae siccae (Pile a secco)*. Eas eodem tempore, anno scilicet 1810, excogitarunt D^nus De Luc in Gallia, et Abbas Zamboni Veronensis in Italia, quin eorum alter de alterius invento notitiam haberet. Et De Luc quidem, quum observasset, Pilam quamdam elementis ex argento, et ex zinco conflatam tenuia electricitatis indicia edere, dum inter singula bina elementa disci ex panno sicco interpositi erant, vividiora autem, ubi discos ex charta illis substituebat; *Pilam siccam* construxit, quae discis ex zinco constabat, quibus aequales disci ex charta inaurata, exilissimo cupri strato obducti, adglutinabantur, ita ut zincum, et cuprum essent duo metalla se mutuo contingentia, et charta esset corpus interjectum. Abbas autem Zamboni discos se mutuo contingentes confecit ex charta inaurata, quae exilissima cuprea bractea obducta erat, et charta inargentata, quam carbonis pulvere, et oxydo nigro manganensis conspersit. Horum elementorum 1000 eodem ordine simul junxit, et Pilam confecit, quae dicitur, et revera est *sicca*. Facies discorum, quae argenti bractea obductae sunt, polum positivum hujusmodi Pilae constituunt: facies vero oppositae polum negativum. Ut autem discorum contactum augeret, torculari eos pressit, in eorum extremis hinc inde dispositis duabus laminis metallicis, quarum anguli sericis funiculis colligabantur. Expertus est deinde loco zinci oxydum manganensis pari successu adhiberi posse.

(1) Matteucci, *Lez. di Fis. Lez. LII.*

833. Quum autem duo poli hujusmodi Pilae opposita electricitate sint onerati, commode adhiberi potest ad praecipuas theoriae electricae theses demonstrandas, ad electricitatis naturam ostendendam, ejusque intensitatem dimetiendam, et quae sunt ejusmodi generis. D[nus] Zamboni in Tom. 2.° pag. 323. sui Operis, cui titulus *Elettromotore perpetuo*, *Verona* 1817, apparatus omnes a se inventos describit, qui in his experimentis adhiberi debent; inter quos peculiaris mentio habenda est illius, cujus ope haec Pila quamdam *motus perpetui* speciem producere potest: ex quo deinde D. Streisig Veronensis anno 1814, ac deinde anno posteriori D. Ramis e Bavaria occasionem sumpserunt construendi exquisita, etsi nescio quam accurata, chronometra; et D. Sommering eumdem apparatum Telegraphis felici successu accommodavit (1). Denique D[nus] Bohnenberger hac Pila usus est, ut electroscopium efformaret, quamvis Pouillet asserat (2) parum accuratum illud sibi videri.

834. Dum autem Physici in Pila sicca duorum metallorum ope construenda adlaborabant, D[nus] Ritter aliam Pilae speciem efformavit ex discis unius tantum metalli, nempe ex cupro, vel ex argento, auro, platino, etc., ab invicem interjecto disco ex spissa charta salso humore saturata separatis. Haec Pila, quamvis propria virtute non exerat nisi exiguam, ac pene inconspicuam electricitatis dosim, quia tamen, instituta communicatione inter ipsam et Pilam Voltae efficaciorem, quemdam torrentem producit, qui in directione contraria procedit, idcirco *Pila secondaria di Ritter* vulgo appellatur. Si namque per aliquod temporis intervallum duo ejus poli cum polis Pilae Voltae communicent, ea electricitate imbuetur, quae omnia hujus Pilae phaenomena exhibere valet, quamvis gradu remissiori; scilicet, si hac communicatione sequuta, ab ea illi sejungantur, duobus polis oppositis pariter instructa reperietur, et si ejus extremitates ope arcus metallici simul jungantur, per datum temporis intervallum omnes Pilae actiones chemicas edet; si denique electricitate exoneretur, per aliquot vices semper nova electricitate, non secus ac Pila sicca, imbuetur. Torrens secundarius, qui adhibendo Pilam paucorum elementorum obtinetur, ita est validus, ut Pilae Voltae efficaciam plurimum enervet: hicque torrens secundarius est causa, cur Pilae Voltae torrens semper debilitetur; in hujus enim elementis et electrodis depositiones fiunt, quae hunc torrentem secundarium gignunt, qui quum in contrariam directionem semper procedat, Pilae torrentem primarium debilitat. Si plura super hac re scire cupis, adeas Biot (3), Pouillet loc. cit, et Matteucci (4).

(1) Vide Gerbi, *Lez. di Fis. Tom. III. n.* 422.
(2) *Phys.* loc. cit. n. 231.
(3) Biot, *Traité de Phys. Lib. IV. chap.* 19.
(4) Matteucci, *Lez. di Fis.*, Lez. LXIV— LXVI.

835. Silentio denique praetereundum non est, hodie Pilas fieri etiam ex interpositione terrei strati, quae vulgo *Pile a terra* dicuntur; et nihil aliud sunt, nisi quaedam vasa fictilia, quae replentur terra humectata ope cujusdam solutionis saturae chloruri ammoniacae, vel salis ammoniaci, in qua duae laminae ex cupro et ex zinco ad quamdam inter se distantiam disponuntur. Inde enim obtinetur Pilae Voltae elementum electricitatis torrentem emittens, qui diu constans per aliquot menses servari potest, si terra identidem humectetur dictam solutionem refundendo, et novam ex zinco laminam, si opus fuerit, immittendo. Hujus generis Pila utiliter adhiberi potest in telegraphis electricis; et jam in Anglia ad hunc finem utuntur ejusmodi Pilis, ita tamen, ut pro terra adhibeant arenam acido sulphurico diluto humectatam (1).

ARTICULUS TERTIUS

DE PILAE EFFECTIBUS.

836. Omnes Pilae species hactenus descriptas *apparatus electromotores* vocari diximus (821.). Vocantur etiam simpliciter *electromotores*, eo quod singula elementa, ex quibus conflantur, quamdam fluidi electrici copiam evolvunt, et in illud ita motum cient, ut trans discum humidum, ex uno in aliud elementum transgrediendo, demum, circuitu absoluto, ad locum, unde fluidum motum est, redire pergat, nempe a polo positivo ad negativum. Id adeo verum est, ut si poli fuerint insulati, fluidum ferme ad aequilibrium componatur, ac subsistat; si autem eorum quisque cum filo metallico communicet, hoc ea electricitate onerabitur, qua instructus est polus sibi respondens, adeoque duo obtinebuntur conductores, positivus unus, alter negativus, qui ad invicem admoti, circuitionem continuam efficient. Hoc manifeste perspicitur in Fig. 122, ubi duo fila metallica z et c ad parvam distantiam invicem admota, scintillas indesinenter emittunt, quae jugem ignis torrentem constituunt. Ubi haec duo fila (quae *fila polaria*, et simpliciter *rheophora* vocari (821) diximus) se mutuo tangunt, *circuitio galvanica institui*, *seu efformari* dicitur; ubi vero ab invicem separantur, *circuitio* dicitur *abrumpi*. Instituta circuitione, cessant quidem scintillae, sed fluidi circuitio indesinenter perseverat; exterius omnia in quiete apparent, interius tamen fluidum reipsa movetur; cujus rei apertissimam demonstrationem nobis praebet phaenomenon illud, quod exhibet exilissimum filum metallicum inter duo fila conjunctiva interpositum, ut circuitio efformetur; si namque hoc filum

(1) Majocchi, Annali di Fis. e Chim. 2. Serie, Tom. IV. pag. 171.

sit alicujus longitudinis, calorem tantum concipit; si brevius, incandescit, tantumque calorem concipit, ut vel in fulguranti splendore perduret, vel etiam pro metalli natura liquefiat, et in guttulas effundatur. Notandum etiam, quod in hoc circuitu peragendo torrens electricus a polo positivo ad negativum in Pila dirigitur, a polo autem negativo ad positivum in filis conjunctivis. Denique quando *circuitio est instituta*, obtinentur *phaenomena dynamica;* quando vero est abrupta, habentur *phaenomena statica*. Ex dictis itaque sequitur, Pilam tanquam unam vel plures Phialas Leydenses jugiter oneratas considerari posse.

837. In duplici itaque statu considerari potest fluidum electricum, quod per Pilam evolvitur; in statu nempe *aequilibrii*, ac in *motus* statu: in priori quidem quando *circuitio est abrupta*: in posteriori vero quando *circuitio est instituta*. Dnus Ampére, qui accuratissime fluidum electricum in hoc duplici statu exploravit, illud in priori statu *tensionem* appellavit, in posteriori autem *torrentem* (*corrente*). Diversae autem speciei sunt phaenomena, quae tum a *tensione*, tum a *torrente* habentur; de utrisque hic, et in sequenti sectione loquemur.

838. Praeterea in Pila vim *physicam*, et vim *chemicam* distinguere oportet. Prior a fluidi electrici *quantitate* pendet, quam Pila uno ictu unoque temporis momento exerere potest; posterior vero a *tensione*, qua idem fluidum a polo positivo ad negativum decurrit. *Quantitas* fluidi electrici, quam Pila quolibet temporis momento exerere potest, tum ab elementorum magnitudine, tum a conductoris qualitate pendet. Si namque duae Pilae omnino aequales, quae idcirco eamdem edant electricitatis quantitatem, ad invicem admoveantur, earumque fila conjunctiva in directione parallela jungantur, quantitas electricitatis per haec fila simul juncta pertransiens, duplex erit ejus, quae per unumquodque eorum seorsim sumptum transiret. Hinc hae duae Pilae unam efficient, cujus elementa quum duplicem superficiem habeant, duplicem idcirco evolvent electricitatis quantitatem. Poteris igitur in aliqua Pila electricitatis *quantitatem augere*, non variata ejusdem tensione, *si elementorum superficiem*, atque *magnitudinem augeas*, numero semper eodem manente. Electricitatis quantitas crescit etiam ubi humidus conductor fuerit magis deferens, sed minuitur in ratione inversa crassitiei ejusdem, nam in hoc casu fluido electrico, ubi ex uno in aliud elementum pertransit, major occurrit resistentia superanda.

839. Pilae *tensio*, quae proportionalis est elementorum numero, ubi aequilibrium electricum sit constitutum, aliquam vim exercet in electricum torrentem, qui sese exerit statim ac circuitio instituitur; torrens enim electricus nihil aliud est nisi hujus fluidi ad aequilibrium propensio. Hinc ubi humidus conductor fuerit perfe-

ctus, Pilae, quae ex majori elementorum numero sunt conflatae, adeoque magnam habent tensionem in statu aequilibrii, hanc eamdem tensionem habebunt in statu motus; torrens electricus scilicet pro majori elementorum numero validiora obstacula superare potest.

840. His praemissis, de Pilae effectibus breviter dicamus. Pila non secus ac Phiala Leydensis effectus *physicos, physiologicos*, et *chemicos* edere potest. Effectus physici a fluidi electrici *quantitate* pendent, adeoque quo amplior fuerit discorum superficies, eo vividiores eruut hi effectus; effectus autem physiologici, et chemici ab ejusdem *tensione* originem habent: quocirca fieri potest, ut eadem Pila sub diverso respectu sit *physice* quidem validissima, *chemice* autem exiguam, vel pene nullam habeat efficaciam.

§. I. *De Pilae effectibus physicis*.

841. Effectus physici, quos a Pila consequimur, iidem omnino sunt, ac illi, qui a Machina electrica communi, et a Phiala Leydensi validiori oriuntur (800); id quod manifeste innuit, electricitatem, quae *ex contactu* oritur, ejusdem omnino esse naturae, ac ea, quae ope Machinae electricae oritur *ex affrictu*. Si namque inter polum z alicujus Pilae non insulatae, et armaturam interiorem Phialae Leydensis communicatio instituatur, ambae onerantur eadem tensione, eodemque prorsus modo, quo phiala ope machinae electricae oneratur; hoc autem fit intra minimum temporis intervallum; id quod efficere nequit vel validissima Machina electrica, quae nonnisi successive electricitatem phialae impertit. Sic autem a Pila oneratae phialae eosdem ac illae, quae ope machinae electricae onerantur, producunt effectus, nempe lucem, caloricum, concussiones etc.; quinimo duae phialae Leydenses, quarum una ope Machinae electricae, altera vero ope Pilae oneratur, statim exonerantur, si earum armaturae opposita electricitate imbutae arcu metallico conjugantur.

842. Speciatim vero inter Pilae effectus physicos adnumerari solent sequentes:

1.° Filum metallicum exilissimum ac breve, ut diximus (836), quod communicationem inter utrumque polum instituit, calefieri, incandescere, et aliquando etiam pro metalli natura liquefieri solet.

2.° Chalybea, ac ferrea fila haud difficulter funduntur; tunc autem fulgurante micant splendore.

3.° Exilissimae auri vel argenti bracteae in vaporem abeunt, lucem viridis coloris emittentes.

4.° Stanui bracteae lucem minus vividam edunt, et in exiguos globulos rubeos resolvuntur, ex quibus flocculi oriuntur iis similes, qui in aranearum telis observantur.

5.° Filum platini, et generatim bracteae, vel scobes metallicae plus minusve ardent, candescunt, et liquefiunt pro earum diversa natura.

843. Sed inter hos Pilae effectus peculiarem considerationem meretur stupendum phaenomenum *Lucis electricae*, quod *Arco Voltaico* vulgo vocatur. Ubi scilicet torrens electricus inter duas carbonis acuminati cuspides pertransit, lucem omnibus, quae usque adhuc cognoscuntur, splendidiorem gignit. Sumantur duo parvi cylindri carbonis lignei, vel fossilis longitudinem ac diametrum calami quo ad scribendum utimur, habentes, et in annulis aurichalceis G et M duarum virgarum FG, MN apparatus ABCD (Fig. 132) immittantur: hae virgae e diametro inter se oppositae, cochlearum ope ad invicem accedere possunt, et efficere ut duo carbonis apices se mutuo contingant. Statim ac duorum carbonum contactus incipit, circuitio torrentis electrici instituitur ratione consueta; tunc autem in puncto, ubi carbones se mutuo contingunt, scintilla luminosissima emicat, quae sensim augetur. Rebus hoc modo existentibus, superior virga FG cochleae ope aliquantulum attollitur, ita ut inter duos carbonis apices intervallum aliquot linearum, aut etiam aliquot pollicum statui possit, ubi Pila centum et amplius elementorum adhibeatur. Facta hac separatione, lux inde emanans undequaque diffunditur, splendoremque emittit parum a Solis splendore diversum. Quum autem in aere atmosphaerico combustio ad carbonum extremitates operetur, ac proinde adsit consumptio materiae ponderabilis, patet, eosdem cochlearum ministerio identidem ad invicem admoveri oportere. In vacuo minus carbonis insumitur; semper tamen fit aliqua substantiae carbonis *translatio* a pòlo positivo ad polum negativum.

844. Quod si ingens caloricum simul cum luce excitare aliquis velit, in inferiori annulo cupreo M pro carbone acuminato ponat carbonem pariter cylindricum, cujus superior basis sit concava ad instar crucibuli (Fig. 133); in qua concavitate, impositis metalli frustulis, admovetur acies superioris carbonis H, et circuitio instituitur : intra brevissimum aliquot minutorum secundorum intervallum, argenti, auri, et platini grandiuscula fragmenta eo facilius liquefiunt, quo vegetior est Pila. Lux in hoc casu ampliori splendore coruscat; sed varium induit colorem pro diversa natura metallorum, quae liquefiunt, et quorum partes volatiles a polo positivo ad negativum feruntur. Ferrum et chalybs non modo in his experimentis liquefiunt, sed eorum temperatura ita elevatur, ut in aeris contactu vivissime comburantur, et emicantes scintillas undequaque emittant iis prorsus similes, quae in ignibus artificialibus de industria a Pyrotechnicis produci solent.

845. Lux electrica trans prisma inspecta, diversos exhibet colo-

res ut spectrum solare (633, not. 3). Intensitas ejusdem lucis talis est, ut si n.° 1000 lucis solaris intensitas designetur, lucis electricae a 46 elementis Pilae *alla Bunsen* productae intensitas a n.° 400 exhibebitur ; haec intensitas ope *photometri electrici* dimetiri solet. Clarissimus Iulianus Giordano, qui in hac Physicae parte diligenter excolenda plurimam operam navat, circa finem mensis Iunii et mensis Iulii hujus anni Neapoli, adhibitis nunc 80, nunc 140 elementis Pilae sive *alla Bunsen* sive *alla Grove*, lucem adeo vividam et constantem obtinuit, ut in distantia 500 metr. spectatores satis distincte librum legerent. Quum itaque ex his aliisque innumeris experimentis compertum sit, fluidum electricum uberrimum lucis fontem in se continere, hinc Physici jamdiu maxima animi contentione exquirunt, qua ratione hujusmodi lucis species ad vitae usus, et praecipue ad illuminandas fodinas, et urbium vias ac plateas adhiberi possit. Effectus tamen non bene adhuc Physicorum votis respondit ; duplex enim problema pro hoc effectu obtinendo resolvi debet ; primum nempe, qua ratione expensae pro hac luce consequenda minores illis, quae nunc occurrunt, evadere possint ; secundum, quomodo lux jugis ac constans obtineri valeat. Prius obstaculum non desperaudum esse innuit; eadem enim obstacula occurrebant quum illuminatio ope gas hydrogenii in Anglia, in Gallia, et praesertim in Italia tentari coepit ; quemadmodum autem omnia haec sensim superata fuerunt perficiendo apparatus, quorum ope gas illuminans a variis substantiis extrahitur, purgatur, et ad tubos illuminantes ducitur; ita pariter illuminationis electricae systema ad praxim sensim perduci posse sperandum est (1). Pro luce autem jugi ac constanti obtinenda plures Physici, inter quos Léon Foucault Parisiis (2), et W. Edvvard Staite Londini (3) diversas methodos proposuerunt.

846. Artificium, quo cl. Giordano ad hanc lucem constantem obtinendam utitur, est sequens. Duae columnae AB, CD (Fig.132) dicti apparatus basi ligneae XY innituntur ; ex lamina transversa superiori AC pendet virga aurichalcea FG parvum carbonis cylindrum GH portans, quae sursum deorsum moveri potest. In inferiori parte adest magnes temporaneus cylindricus KL, per cujus interiorem cavitatem movetur virga MN, cujus dimidia pars superior est ex ferro molli, reliqua vero inferior pars est ex aurichalco :

(1) Iam Russiae Imperator ab anno 1850 commissionem instituit, quae ad examen revocaret propositionem Dni. Acherot, qui Petropoli vias Luce electrica facile illuminari posse edixit. Vide Majocchi, *Annali di Fis. e Chim.* 2. *Serie, tomo* 1.° *pag.* 105. Anno 1851, Londini platea *Trafalgar* dicta fere sex mensibus luce electrica illuminata fuit.

(2) *Comptes rendus 1849.*

(3) *Illustration Anglaise 18. Nov. 1848.*

haec eadem virga in superiori sua extremitate M annulo metallico terminatur, in quem alterum carbonis frustum MR immittitur; in inferiori vero extremitate terminatur trochlea mobili N. Puncto O adnexum est filum, quod per hanc trochleam mobilem, et per aliam fixam in P existentem pertransiens, desinit in lancem Q, quae ponderibus sensim impletur, donec aequilibrium adsit inter ipsam et virgam mobilem MN. Duae extremitates fili cuprei magnetis temporanei KL terminantur una in R, altera in pressionis cochlea *e*, cui adnexum est filum metallicum, quod unam ex duabus columnis AB, CD trajiciens, cum virga FG et consequenter cum carbone GH communicat. Conjunctis duobus Pilae reophoris cum duabus extremitatibus R, et *e*, institutaque circuitione, si duo carbones ad congruam distantiam detineantur, fulguranti splendore lux emicat. Ubi vero distantia inter duos carbones plus aequo minuatur, vel augeatur, lucis intensitas decrescet; hujus autem apparatus ope haec jugis ac constans redditur; si namque distantia augetur, torrens debilitatur, adeoque etiam magnes temporaneus minori vi ferream virgam attrahit; hinc vis major ponderis Q efficit ut carbones ad invicem admoveantur; si vero distantia plus aequo minuitur, vis torrentis, adeoque et magnetis temporanei major evadit; quare hic majori vi attrahens virgam interiorem, efficit ut carbones ab invicem removeantur. Hic apparatus itaque ita est comparatus, ut ex semetipso duos carbones semper ad congruam distantiam detineat, unde lux jugis ac constans oritur. Ejus ope laudatus Iul. Giordano Cajetae coram Rege Ferdinando II. die 31 Iulii hujus anni hoc experimentum instituens, intra unius horae cum quadrante intervallum lucem vividissimam semel dumtaxat minui, nunquam autem omnino intermitti expertus est.

847. Inter varias Lucis electricae applicationes duae sunt praecipuae, quae hic recordari merentur. D^ni^ Donney et Foucault hujus ope *Microscopium photo-electricum* confecerunt, quod Microscopio Solari maxima cum utilitate substitui potest. Matteucci equidem testatur plures observationes hujus microscopii photo-electrici ope a D^no^ Foucault Parisiis coram se factas ita fuisse conspicuas, ut nunquam Microscopium Solare ea intensitate illuminatum se vidisse fateatur. Idem et nos observavimus in domo memorati P. Giordano. Altera hujus applicatio artificiis illuminantibus pro militiarum servitio a D^no^ Martin de Brettes facta fuit.

848. Notandum ultimo, quoad metallorum ignitionem, omnes physicos effectus, ut diximus (838), a fluidi electrici *quantitate* pendere. Quum autem fluidi electrici *quantitas* a majori metallicarum laminarum, quae in Pila adhibentur, amplitudine ortum ducat; hinc sequitur, metallorum ignitionem non haberi, nisi vel Pilae elementa notabilem habeant amplitudinem, vel fila metallica in ex-

perimentis conficiendis adhibita fuerint exilissima, et breviora relative ad eorumdem elementorum amplitudinem.

Haec lucis et caloris phaenomena diu fuerunt soli effectus physici a torrentis electrici actione pendentes; at post electro-magnetismi detectionem, plures alii adnumerantur, de quibus postea sermonem instituemus.

§. II. *De Pilae effectibus physiologicis.*

849. Pilae effectus physiologici sunt omnes illi, qui in animantibus ejus ope se produnt. Statim ac Volta Pilam construxit, Physici in id omne suum studium contulerunt, ut explorarent quamnam actionem fluidum galvanicum in animalia viventia, vel etiam recenter mortua exerceret. Inter eos tamen eminet Joannes Aldini in Universitate Bononiensi Professor, qui experimenta varia, ac multiplicia hac super re tam in hominibus, quam in animantibus instituit, quae in ejus opere legi possunt, cui titulus: *Saggio di esperienza sul Galvanismo*, *Bologna* 1801; vel in Poli (1). Praecipuus Pilae effectus physiologicus in hominibus viventibus est *concussio*, quae non minus valida est, nec minorem doloris sensum excitat, ac ea, quae a pluribus phialis Leydensibus simul junctis producitur (798); ejus intensio a majori elementorum numero, adeoque a majori Pilae *tensione* pendet. Ut igitur commotiones majori efficacia sentiantur, elementorum numerus augeri debet; tunc enim obtinetur *tensio* necessaria ad torrentis propagationem trans corporis animalis partes non bene deferentes. Hinc Pilae communes ad hunc effectum obtinendum saltem ex 20 elementis constare debent; Pilae autem *alla Grove* et *alla Bunsen* dictae minori elementorum numero validam concussionem producunt. Pauca elementa amplioris extensionis uberiores effectus physicos et chemicos gignere possunt; sed ob exiguam tensionem concussioni producendae parum efficaciae haberent. Quare evenire posset, ut minutum animal, rana ex. gr., adhibita hujus generis Pila, in fumum redigeretur ob hujus actionem chemicam et physicam; attamen ejusmodi torrens nullam, vel minimam concussionem in homine aut in robusto animali produceret. E contrario Pila Voltae ex 20 et amplius elementis concussioni producendae sufficiens est: quod si elementorum numerus ulterius augeatur, concussio adeo valida evadit, ut homo vel animal in mortis periculo versetur. Quumque cutis humana inter corpora non bene deferentia recenseatur, aqua vero et metalla in summo gradu fluidum electricum deferant (751); hinc patet ratio, cur concussio validior sit, ubi

(1) Poli, *Lez. di Fis. Tom. V. Lez. XXX. art. VII.*

manibus aqua salsa madefactis, vel saltem aliquantulum humectatis ambo fila reophora aurichalceis cylindris instructa tangantur; cur autem ubi eadem siccis manibus contrectentur, concussio fiat pene insensibilis.

850. Inter concussionem a phiala Leydensi excitatam, et illam quae a Pila obtinetur, illud est discriminis, quod prior *uno ictu* absolvitur, posterior autem est *fere continua*; concussio namque galvanica in quadam serie parvarum concussionum consistit, quarum una celerrime aliam sequitur, et quamdam tremoris speciem in homine, qui concussionem recipit, simul gignunt: statim enim ac Pilae elementa, ob institutam communicationem inter ea et machinam humanam, exonerantur, rursus onerantur electricitate, quae a communi receptaculo, vel a manu polum cupreum tangente celerrime in haec eadem elementa diffunditur; id quod non evenit in phiala Leydensi, ubi fluidum electricum in una ex armaturis accumulatum, viam conductricem invenit, statim ac irruit, ut in aequilibrium se se restituat, dum alia armatura negative onerata ad statum naturalem redit (796). Concussionem galvanicam, aeque ac illam a phiala Leydensi excitatam, plures homines, qui connexis manibus humectatis secum cohaereant, et catenam, ut diximus (794), efficiant, eodem tempore excipere possunt; sed ob debilem phialae tensionem, et imperfectam substantiarum animalium *conducibilitatem* fit, ut qui medium locum occupant remissius concutiantur, quam qui in extremis sunt constituti. Concussio denique, quam Pila insulata producit, est validior ea, quam a Pila non insulata consequimur: in illa enim circuitio inter polos, et organa animantia tantum absolvitur, quae etsi non sint probe deferentia, totus tamen electricus torrens in iis dumtaxat accumulatur, nec in tellurem diffunditur; hinc concussio magis valida existat, oportet.

851. In animantibus recenter mortuis, vel necatis electricus torrens concussionem validam, ac motus convulsivos gignit; primo obtutu organa ita excitari videntur, ut animalia quasi ad vitam se restitui velle putemus; at hae subitae, ac violentae convulsiones desinunt statim ac torrens cessat, et animantia in pristinam mortis inertiam recidunt. Si a corpore alicujus quadrupedis recenter mortui, bovis ex. gr., caput avellas, et torrentis galvanici actioni exponas ex qualibet sui parte, videbis (mirum!) oculos aperiri, aures agitari, linguam moveri, nasum inflari eo prorsus modo, quo in his animantibus observare solemus, dum in furorem acti, cornibus se invicem petere aggrediuntur. Eadem phaenomena obtinebis in capitibus vervecis, ovis, equi, etc.; nisi quod contractiones sunt variae pro majori, vel minori torrentis intensitate. Iisdem experimentis Aldinius corpora hominum extremo supplicio peremptorum subjecit, validasque contractiones inde consequutus est;

eorum facies modo horribili corrugabantur, et reliqua membra motus convulsivos patiebantur. Haec est etiam ratio, qua fit, ut ranae debito modo degluptae concutiantur, ac convellantur (816).

852. Idem Aldinius tentavit an fluidum electricum Pilae adhiberi posset pro respiratione excitanda, et ad vitam restituendam animantibus asphixia correptis. Canes, feles, cuniculos etc. in aquam mergebat, donec nullum amplius vitae indicium ederent; deinde, extractis ex aqua eorum corporibus specie tantum mortuis, torrentem galvanicum super eadem dirigebat, ad vitamque revocabat. Ex his aliisque innumeris experimentis, quae a Magendie, Andral, Roulin, et Pouilleto instituta fuerunt, inferri posse videtur, etiam homines asphixia correptos, ubi inter duos pilae polos vix constituantur, statim ad vitam posse restitui (1).

853. Adhiberi etiam solet (nescio tamen an semper felici successu) fluidi electrici torrens ad quosdam morbos sanandos, ac praecipue rheumaticos, paralysim, neuralgiam, articulorum dolores, omnesque alios, qui ab atonia procedunt, ita ut Pouilletus asserat « *pro certo nunc haberi posse, quosdam morbos curatione galvanica intelligenti judicio adhibita emendari.* » (2). Silentio praetereundum non est, D. Marianini recenter observasse, electricum torrentem, ubi nervos pertranseat *secundum directionem, qua in plures ramos dividuntur* (pel verso delle loro diramazioni), contractionem muscularem gignere *in introitu*, et simplicem sensationem *quando permanet*; e contrario autem ubi nervos ingrediatur *per oppositam directionem* (pel verso opposto delle loro diramazioni), sensationem producere *ubi perdurat*, et contractionem *quando permanet* (3).

§. III. *De Pilae effectibus chemicis.*

854. Sed quantum Pilae inventioni debeat Chemia, vix dici potest. Primus, ac praecipuus ejus effectus chemicus, nempe aquae in sua elementa *resolutio*, seu, ut vulgo ajunt, *decompositio*, ab Anglis Carlisle, et Nicolsonio (juxta quorumdam mentem), ab Italis Volta et Brugnatelli (ut major Physicorum pars testatur) detectus fuit anno 1800, qui tunc primum duo aquae elementa, oxygenium nempe, et hydrogenium, ab invicem sejuncta obtinuerunt. Instrumentum, quo usi sunt in hac separatione conficienda idem omnino est, ac illud, quo hodie utuntur Physici in iisdem experimentis repetendis, et *Voltametrum* appellatur, qui ex diversis quantitatibus fluido-

(1) Vide Manni, *Manuale per la cura degli apparentemente morti*, *Parte II. Art. 6. pag. 84. edit. Napolit. del* 1833.
(2) Pouillet, *Phys. loc. cit.* n. 226; et Matteucci, *Lez. LXVII. circa fin.*
(3) Vide *Annales de Phys. et de Chim. Tom.* 40, *pag.* 225.

rum aeriformium, quae hujus ope evolvuntur, torrentium electricorum intensitates dimetiri possunt. Consistit in vitreo infundibulo ABCD (Fig. 134.), cujus angustior apertura CD clauditur subereo obturamento, per quod duo platini fila *n*, et *p* (quae hic specialius *electroda* vocantur) tres, quatuorve lineas alta, inter se parallela, et minima distantia ab invicem sejuncta, pertranseunt. Ut fila insulata reddantur, obturamentum cera hispanica obduci solet. Infundibulum aqua repletur ad tres quartas suae altitudinis partes; deinde fila duobus crystallinis tubis *c*, et *d* eodem liquido repletis cooperiuntur, ac inter eorum partes externas *n*, *p*, et Pilae polos communicatio instituitur. Communicatione hac vix instituta, statim aquae decompositio incipit; innumerae bullae evolvuntur; oxygenium purum ascendit in vitrum, quo filum positivum cooperitur, hydrogenium autem in illud, quod filo negativo superincumbit. Aqua destillata, ac purissima lente decomponitur; at si in ea paucae acidi alicujus guttulae effundantur, vel aliqua salis grana, quae aquae vim deferentem augent, tunc bullae copiosius extricantur, et intra duorum, vel trium minutorum intervallum oxygenium in vitro positivo colligitur, hydrogenium in vitro negativo, ea proportione omnino, qua in aquae compositione existunt; scilicet ut semper duo gas hydrogenii volumina, et unum gas oxygenii volumen obtineatur. Manifestum est igitur aquae portionem decompositam fuisse, ipsiusque oxygenium in polo positivo ideo colligi, hydrogenium in polo negativo, quod polus positivus quamdam habeat cum oxygenio affinitatem, polus negativus cum hydrogenio.

855. Aquae decompositio eo facilior obtinetur, quo vegetior fuerit torrens electricus. Adhibendo Pilas communes, saltem 8 vel 10 elementa voltaica ad hunc effectum producendum necessaria sunt: hodie tamen ad id facilius consequendum sufficiunt tria vel quatuor ex illis, quae a Grove, vel a Bunsen inventa fuere. Quod si plura voltametra successive ita disponautur, ut in eodem electrico circuitu inveniantur, et idem electricus torrens per ea pertranseat, in omnibus, facta aquae decompositione, eadem gas hydrogenii quantitas in polo negativo reperietur, eademque gas oxygenii quantitas in polo positivo, etiam si aqua diverso gradu, vel diversae naturae acidis fuerit perfusa. Dubitari igitur nequit, quin idem electricus torrens eosdem effectus chemicos in omnibus suae circuitionis punctis producat.

856. At qua ratione fit, ut in hac operatione elementa ab invicem non modo separentur, verum etiam in duos oppositos polos transferantur, dum in aliis quibuscumque decompositionibus separentur tantum, quin ab invicem removeantur? Hujus phaenomeni, sicut et aliarum decompositionum, quae Pilae ope conficiuntur, quaeque *translationis phaenomena* (*fenomeni del trasferimento*) vocautur,

hanc reddidit rationem Grotthusshius, cui omnes Phys ci litarunt. Si intervallum, quod iuter duo fila intercedit, aquae particulis repletum concipiatur, positiva electricitas fili positivi actionem suam exercet super priorem aquae particulam, ab eaque attrahit oxygenium, utpote *electro-negativum*; et hydrogenium, utpote *electro-positivum*, repellit : haec prior aquae particula in secundam pari modo suam actionem exercet, ita ut oxygenium pariter liberum remaueat, et hydrogenium ab hac decompositione extricatum cum oxygenio aqueae particulae proximioris affinitate compositionis conjungatur ; pari ratione, hydrogenium hujus aqueae particulae cum oxygenio particulae aqueae sequioris conjungitur, atque ita porro e particula in particulam, donec hydrogenium ex ultima aquea particula enodatum in filum negativum incurrit ; ibi enim quum nihil oxygenii amplius occurrat, cum quo combinari possit, libere extricatur, atque evolvitur. Quod in una particularum serie fieri concipitur, inter reliquas etiam, quae iuter duos polos continentur, accidere debet : hinc copia particularum, quae liberae evadunt, et bullularum, quae extricantur et evolvuntur, exurgit.

857. Non aquam tantum, sed innumeras pene substantias Pila decomponit, omnia fere acida, oxyda, et sales. Acidorum, et oxydorum oxygenium fertur ad polum positivum ; metallum vero, seu *basis* ad polum negativum. In acidi *sulphurici concentrati* decompositione, oxygenium fertur ad polum positivum, sulphur vero in polo negativo deponitur. At illustrior Pilae *applicatio* fit in *salium* eorum praecipue, qui *alcalia* vocantur, decompositione, quod inventum D^ni^ Davy paucis abhinc annis (ab anno nempe 1807,) aliam omnino Chemiae faciem induxit, hujusque Scientiae campum mirifice auxit. Quum enim Pilae actioni submisisset *potassam*, *sodam*, aliasque *bases alcalinas*, observavit, oxygenium in polo positivo collectum, et *potassium*, ac *sodum* circa filum negativum sub coruscantis substantiae forma coadunatum; adeoque luculenter omnium primus demonstravit, haec omnia corpora, quae usque ad id tempus *indecomponibilia* putabantur, nihil aliud esse, nisi *oxyda metallica*. Ex eo tempore Pila praecipuum in Chemicorum officinis instrumentum evasit; nam ejus ope detectum est, in substantiarum quarumlibet dissolutione metalla, corpora combustibilia, terras, et generatim omnes bases, utpote *electro-positiva, ad polum negativum tendere*; oxygenium autem, chlorum, jodium, et acida, utpote *electro-negativa, ad polum positivum*. Denique ex Pilae actione omnes tincturae, quae ex vegetabilibus conficiuntur, colorem immutant. Sed de his omnibus consule Pouilletum (1), et Matteucci (2).

(1) Pouillet, *Phys. loc. cit. n.* 228.
(2) Matteucci, *Lez. de Fis. Lez. LXIV–LXVI.*

CAPUT QUARTUM

DE ELECTRO-MAGNETISMO.

858. Haec Physicae pars est prorsus recentissima. Quamvis enim duo Itali, Mojon Ianuensis Chemiae professor, et Io. Dominicus Romagnosi, paullo post Pilae inventionem, nempe anno 1802, omnium primi observassent, acum magneticam torrentis electrici actionem excipiendo a suo quietis situ removeri; Dnus tamen Oersted Danensis anno 1820 hujus novae theoriae fundamenta detexit, et principia constabilivit. Post id tempus celebriores Physici hac de re sedulo exquisierunt, atque scrutati sunt; factaque innumera ab illis detecta probarunt, in fluido electrico, quod per Pilam evolvitur, omnes magneticas proprietates residere, ita ut torrens electricus in corpora magnetica, vel magnetismo imbuta (723) eamdem vim exerceat, quam ipse magnes exercet, et filis vel virgis ferreis ac chalybeis omnes magneticas proprietates impertiat. Ex quo factum est, ut huic novae Physicae parti statim *Electro-Magnetismi* nomen Scientiae naturalis cultores dederint; et magnetismum, atque electricitatem, quae olim tanquam duo fluida toto coelo diversa putabantur (710), parum vel nihil inter se differre, atque ab unico principio pendere firmissime crederent. Phaenomena, quae in hoc Capite ad examen revocabimus, in hanc sententiam nos confirmabunt: videbimus enim quomodo electricitatis ope magnetismus excitetur, et magnetismi ope inducatur electricitas; ita ut duo fluida iisdem proprietatibus essentialibus instructa, ad unum idemque principium redigenda videantur. De his omnibus phaenomenis loquemur in hoc Capite, quod in quinque articulos partiemur; et loquemur in primo de torrentis electrici in magnetes actione; in secundo de actione telluris, ac magnetum in electricos torrentes verba faciemus; in tertio de mutua torrentium electricorum in seipsos actione, ubi etiam de Amperiana magnetismi theoria pauca dicemus; in quarto de inductione magneto-electrica; in quinto denique de variis torrentium electricorum caussis.

ARTICULUS PRIMUS

DE TORRENTIS ELECTRICI IN MAGNETES ACTIONE.

859. Iam diximus, torrentem electricum, dum circuitio instituta est, suam existentiam prodere per effectus physicos, chemicos, ac physiologicos, quos producit. Nunc addendum est, praeter haec omnia, *hujus torrentis existentiam sensibus obviam fieri ex actione*,

quam in acum magneticam exercet. Hanc actionem D. Oersted exploravit, in eaque totius *electro-magnetismi* praecipuum fundamentum consistit. Et re quidem vera, si alicujus Pilae filo conjunctivo, per quod torrens electricus praeterfluit, admoveatur acus magnetica sibi permissa, haec statim a sua positione declinabit; multasque conficiet oscillationes, quin attrahatur, vel repellatur. Vis ista, quae inter Pilae torrentes, et acus magnetismum suam exerit actionem, *vis electro-magnetica* vocatur, cuius praecipuae proprietates hae sunt: 1° ut *minuatur prout augetur distantia inter torrentem et acum*; 2° ut *per omnes quascumque directiones agat, et per omnes quascumque substantias, praeter magneticas.*

860. Directio acus magneticae, quae torrentis electrici actioni sit exposita, ea semper est, ut *suum polum borealem semper ad torrentis sinistram convertat*, nempe, ut ajunt, *acus et torrens in crucis formam se componunt.* Scilicet si torrens electricus in meridiani magnetici directione constitutus ab austro ad boream procedat, ubi filum conjunctivum horizontaliter *supra acum magneticam* in directione ipsi parallela disponatur, acus a sua pristina positione removebitur, ejusque polus *borealis* (1) (polus scilicet, qui boream terrae semper respicit (733)), *versus occidentem* vertetur: si vero torrentis directio mutetur, nempe si haec a septentrione ad austrum procedat, idem polus borealis *versus orientem* dirigetur. Ubi autem acum *supra filum conjunctivum* eodem modo disponas, effectus oppositos obtinebis; tunc enim si torrens ab austro ad boream procedit, polus borealis *versus orientem* convertetur; convertetur vero *ad occidentem*, si torrens a borea ad austrum procedat. Ubi denique acum filo conjunctivo admoveas iu directione eidem parallela, ad eamdemque cum eo altitudinem, sive in eodem plano, ad dexteram vel sinistram fili, acus non deviabit ut prius, sed versus horizontem inclinabitur hac ratione, ut polus borealis *deprimatur* ubi filum ad acus orientem sit, et torrens ab austro ad boream procedat; *erigatur* vero, ubi acus fuerit ad orientem, filum autem ad occidentem; ubi denique torrens a borea ad austrum procedat, haec omnia phaenomena contrariam sequentur rationem. Haec torrentis actio in acum magneticam duobus sequentibus modis exprimitur: 1. *torrens electricus ita acum afficit, ut haec in directione fere perpendiculari ad ipsum torrentem sistatur*; 2. *acus magnetica a torrente electrico affecta semper suum polum borealem ad torrentis sinistram convertit.*

861. Ut haec phaenomena facilius intelligantur, concipe hominem in tota fili longitudine recubantem pedibus ad polum positivum ver-

(1) Ne in locutione confusio suboriatur, advertas volumus, polum, quem hic *borealem* vocamus, reipsa esse polum *australem* magnetis, illumque ideo *borealem* hic et in posterum nos appellare, quia septentrionem semper respicit.

sis, capite ad polum negativum, ita ut torrens *per pedes ingrediatur, exeatque per caput*; concipe etiam hunc hominem facie semper respicere acum magneticam, super quam torrens electricus suam exerit actionem; in hoc casu manus *dextera* et *sinistra* hujus hominis etiam *dexteram* et *sinistram* torrentis exhibebunt. Ex. gr. si torrens verticaliter ascendat, acus autem in parte fili *anteriore* sit posita, hominis facies, totaque anterior ejus pars aspicietur (Fig. 135. n. 1.); aspicietur vero ejus dorsum (Fig. ead. n. 2.), si acus in parte fili *posteriore* ponatur; quumque acus semper in directione ad ipsum torrentem perpendiculari sistatur, ejus polus borealis semper ad hominis *sinistram* convertetur; ita ut idem polus borealis *orientem* respiciat ubi acus *ante* filum ponitur, *occidentem* vero ubi acus in *parte* fili *posteriore* posita est. Manifestum est igitur, *torrentem electricum eam in acum magneticam actionem exercere, ut hujus polum borealem semper ad sinistram partem convertat*; sive, ut ajunt, *acum et torrentem in crucis formam se componere*. Haec omnia sequenti experimento confirmari possunt. Acum magneticam *ba* (Fig. 136) acuto stylo impone, ut libere circa seipsam circumverti queat; haec post quasdam oscillationes in directione meridiani magnetici SN firma consistet: tunc autem horizontaliter *super* eam in eadem directione filum cupreum xy dispone, per quod torrens electricus ab austro ad boream in directione signi + ad signum — pertransire queat; statim videbis *polum* acus borealem a ad occidentem vergere, ipsamque acum positionem $b'a'$ affectare, et in crucis formam cum torrente se componere. Si torrens a borea ad austrum procedat, polus borealis a ad orientem E verget. Si denique filum cupreum *infra* acum magneticam disponas, haec duo phaenomena contrariam sequentur rationem.

862. Hic autem accurate notandum, *acum non constitui exacte in situ, qui torrenti sit normalis*; idque oriri ex pluribus obstaculis, inter quae praecipuum illud est, quod a telluris vi magnetica procedit, quae acum in meridiani magnetici directionem jugiter revocat, impeditque ne positionem perpendicularem ab oriente ad occidentem recipiat. Id adeo verum est, ut, si aliquo modo telluris actio inefficax reddi possit, acus deviatio a torrente arcum 90 graduum describeret, sive in perfectae crucis formam cum torrente se componeret. Actio autem magnetica telluris inefficax redditur, si acus *ab* (Fig. 137) filo conjunctivo admovenda in virga inflexibili *de* ita infigatur, ut alteri acui $b'a'$, quae polos in *situ opposito* habeat, sit parallela; hac enim ratione fiet, ut actio telluris in utraque, quum sit aequalis et contraria, omnino destruatur. Hic apparatus ita constitutus, qui *acus astatica* (1) (ago astatico) dici solet, si filo con-

(1) Ab α privativa, et στατικη; quasi *absque aequilibrii positione*.

junctivo admoveatur, eam patietur deviationem, qua cum eodem in crucis formam se componat. Dubitandum igitur non est, deviationem simplicis acus, quae arcum graduum 90 minime absolvit, suam originem trahere ab impedimento, quod vis magnetica telluris torrentis electrici actioni opponit.

863. Haec phaenomena eo majori efficacia acus edit, quo major fuerit torrentis electrici *intensitas*, quam a fluidi electrici *quantitate*, non autem ab ejusdem *tensione* pendere cuique obvium est (838). Pronum autem est colligere, hanc intensitatem vividiorem aut remissiorem esse posse, prout vel Pilae elementa sunt ampliora, vel tam humor inter ea interpositus, quam filum conjunctivum magis deferentia fuerint (ibid.). Haec autem intensitas in distantiis, quae sex pollices non excedunt, sese exerit *in ratione inversa simplicis distantiae*, ut experimentis, et mathematicis demonstrationibus probarunt D^{ni} Biot, et Savart. Hanc legem in aliquibus circumstantiis variare innuit Pouilletus (1).

864. Ex hac acus magneticae proprietate, qua in crucis formam cum torrente electrico sese componit, quoties ejusdem actioni exponitur(860),ortum habuit instrumentum a Schweigero inventum, sed a Leop. Nobili perfectum, quod *Galvanometrum*, vel *Multiplicatorem* vocant, quia vis electro-magneticae effectus mirifice *multiplicat*. Instrumentum hoc, cujus efficacia in explorandis vel minimis torrentis electrici vestigiis est prorsus exquisitissima, hoc nititur principio, quod scilicet torrens electricus cujuscumque formae in se redeuntis, sive circularis, sive polygonae, semper versus unam eamdemque plagam acum magneticam ejus actioni expositam dirigit. Et re quidem vera, acus magnetica *ab* in medio fili cuprei *q x y z n* (Fig. 138) rectanguli formam exhibentis libere suspensa in eadem semper directione urgetur a quatuor torrentis partibus, quae rectangulum trajiciunt. In latere enim *qx* torrens est descendens; hinc ejus pars sinistra est in plano figurae a parte anteriori; in latere *xy* homo recubans (861) habet pedes in *x*, caput in *y*; facies sursum respicit; adeoque ejus sinistra versus eamdem plagam est sita : idem dicendum de latere *yz*; idem denique de latere *zn*, ubi pedes hominis sunt in *z*, et ejus facies deorsum est conversa. Quatuor igitur rectanguli latera simul conspirant ad convertendum polum borealem acus ante figurae planum, adeoque polum australem in ejus partem posteriorem. Idem dicendum de alia quacumque forma, sub qua circuitio iustitui posset. Manifestum est autem, torrentis actionem fore duplam, ubi bis rectangulum trajiceret; triplam ubi ter per illud transiret; *multiplam*, ubi *multoties* circumgyraret; unaquaeque circuitio enim semper eumdem effectum gi-

(1) Phys. Sect. IV. C. I. n. 233.

gnit : hinc nomen *multiplicatoris* huic apparatui inditum fuit. Ut autem torrens circuitionem multoties efficiat, oportet ut fila se invicem non tangant. Id obtinetur adhibendo filum cupreum substantia insulante, cera hispanica, ex.gr., vel filo serico probe retorto, obductum, quod circa ligneum vel metallicum pluteum ita obvolvitur, ut in hujus medio quoddam adsit intervallum, intra quod acus exilissima filo serico minime retorto suspensa libere oscillare possit. Hoc modo reipsa galvanometrum concinnatum est. Circa pluteum ligneum vel metallicum *mn'* (Fig. 139) multoties obvolvitur dictum filum cupreum modo praefato insulatum ; hac enim ratione torrentes reipsa ab invicem remanent separati. In intervallo, quod in medio fili circa pluteum involuti remanet, adest acus exilissima *ab*, quae fili serici minime retorti ope puncto *d* brachii metallici *cd* suspensa libere oscillat. In parte plutei superiore adest circulus *fg* ex charta vel ex argento in 360 gradus divisus, super quo ope indicis *eo* eidem filo adnexi designantur gradus deviationis, cui subjicitur acus, dum torrens multiplicatoris filum trajicit. Fili denique extrema *p* et *n*, quae *galvanometri fila* dicuntur, sex vel septem pedum longitudine pendent, ut Pilae reophoris pro libitu admoveri possint. Ex dictis evidens est, torrentem eo validiorem effectum in acum edere, quo major fuerit numerus rectangulorum, quae a filis circa acum efformantur.

865. Inficiandum tamen non est, ejusmodi apparatum, etsi filum pluries circa pluteum obvolvatur, et rectangula multiplicentur, nunquam evadere valde sensibilem, nisi in subsidium vocetur artificium a Dno Leopoldo Nobili excogitatum; quod in eo consistit, ut pro una acu adhibeantur duae acus magneticae ejusdem fere efficaciae, et eidem filo in opposita directione ita adnexae, ut (Fig. ead.) una in superiore plutei parte oscillet, altera intra duas ejusdem bases, et *acum astaticam* (862) efforment, in quam tellus vim directricem pene insensibilem exerceat. Hic apparatus exquisitiori modo torrentis electrici existentiam et intensitatem indigitat; tum quia telluris actio, quae acum jugiter in meridiani magnetici directionem revocat, et torrentis actioni obsistit, pene eliditur ; tum quia altera acus adhibita torrentis actioni subjicitur, ejus vim auget, et simul cum acu interiori versus eamdem plagam dirigitur. Ne autem huic instrumento atmosphaerae variationes noceant, vitrea campana cooperiri solet. Statim ac duo fila torrenti electrico vel debilissimo admoventur, acus declinatio hujus torrentis existentiam, et directionem indicat. Acus declinatio pro torrentis intensitate crescit, quamvis hoc augmentum rationem non servet constantem. In quibusdam experimentis *galvanometro differentiali* etiam Physici utuntur, quod nihil aliud est, nisi galvanometrum ex duobus filis omnino aequalibus longitudine, diametro, et vi deferenti : haec duo

fila circa idem ligneum pluteum obvolvuntur. Ejus efficacia ea est, ut si per utrumque filum duo torrentes oppositi trajiciantur, differentiam tantum actionum utriusque fili acus ostendet ; adeo ut si torrentes fuerint prorsus aequales et oppositi, acus in puncto divisionis*o* immobilis consistet. Hujusmodi multiplicatores *galvanoscopii* nomine veniunt, ubi ita construuntur, ut comparatio inter torrentium intensitates institui nequeat; ubi autem instructi sunt quadrante in gradus diviso, ita ut torrentium intensitates saltem intra quosdam limites comparari possint, *Galvanometra* vocantur.

866. Non solum in acum magneticam torrens electricus suam exerit actionem, qua fit, ut illam a sua naturali positione deturbet; verum etiam in reliqua corpora magnetica; quum enim in magnetes suam edat actionem fluida magnetica dissociando, eumdem effectum producere debet in reliquis corporibus, in quibus fluidum illud existit. Hanc fluidi magnetici dissociationem celerius vel tardius operabitur, prout corpora minori, vel majori *vi coercente* praedita erunt. Observavit equidem D. Arago fili conjunctivi portionem in ferrea scobe immersam, dum torrens illud trajicit, hanc ad se allicere sub flocculi forma, ut evenit magnetem adhibendo , eamque tamdiu sibi adhaerentem retinere, donec circuitio abrumpatur ; abrupta circuitione, ferri particulae in positione horizontali disponuntur ; ad priorem dispositionem vero redeunt statim ac circuitio iterum instituatur. Aciculae chalybeae filo conjunctivo pariter admotae tardius quidem, ob majorem chalybis vim coercentem (719), sed pari modo eidem adhaerent, in crucis formam cum ipso se componentes , ab eoque semotae , ob eamdem vim coercentem , magnetismum diu servant. Quumque torrens electricus eamdem vim attractivam non exerat neque in cupri, neque in aurichalci scobem, neque in rasuram alterius substantiae, in quam vis magnetica agere nequit ; liquido patet, id evenire non posse, nisi ex *actione* prorsus *magnetica* quam torrens electricus exercet.

867. Hanc magnetismi excitationem in ferro ope torrentis electrici ortam, quae aliquando vividiorum magnetum vim excedit , *permanentem* reddere possumus adhibendo virgas chalybeas. Iam ab hujus saeculi initio C. Morozzo , et Davy perspexerunt , aciculas , vel virgulas chalybeas *transverse* in filo conjunctivo alicujus Pilae dispositas vim magneticam concipere , praecipue si eadem semper directione super filum perfricentur: at nonnisi post statutam vis electro-magneticae directionem (860), tanquam principium indubium haberi coeptum est, electricum torrentem semper validam actionem edere in chalybis virgas, ubi hae ipsi transversaliter fuerint expositae; tunc enim vis magnetica in iis excitabitur, ita ut fluidum australe ad sinistram, et fluidum boreale ad dexteram se prodat. Inde D[ni] Arago et Ampere faciliorem ac uberiorem magneticae

vis in chalybe *permanenter* excitandi rationem invenerunt, quam hic referre non piget. Filum metallicum flexuose super vitreum tubum (Fig. 140) ita obvolvatur, ut plures faciens orbes in se non redeuntes spiram imitetur. Intra hunc tubum statuatur acus chalybea ; deinde circuitio electrica ita instituatur, ut torrens ab una ad aliam hujus fili extremitatem transire possit juxta directionem, quam indicant sagittae: in ictu oculi totus magnetismus, qui in his circumstantiis haberi potest, enodabitur; nam post simplicem phialae Leydensis exonerationem, quae unica scintillae explosione perficitur , acus in tubo existens magnetica vi perfectissime imbuta reperietur. Fila duplici ratione obvolvi possunt, *dextrorsum* nempe, et *sinistrorsum*: in priori casu filum ita obvolvitur, ut helices hujus spirae a sinistra ad dexteram procedant; in posteriori autem a dextera versus sinistram, ubi in eadem semper directione statuantur. Cochleae omnes, et instrumenta illa, quibus utimur in extrahendo alicujus phialae obturamento, quaeque gallice *tira-bouchon* vocantur, sunt *helices dextrorsum*. In helicibus *dextrorsum* polus borealis *b* acus in ea parte reperitur, per quam torrens ingreditur, seu versus extremum *positivum* fili ; in helicibus *sinistrorsum* hic polus versus extremum *negativum* fili existit. Si filum supra eumdem tubum ita obvolvatur, ut plures helices contraria directione describat, id est nunc dextrorsum, nunc sinistrorsum; acus in qualibet duarum helicum junctura *puncto consequenti* instructa invenietur; ex quo sequitur , unamquamque harum helicum, tanquam si sola esset, actionem suam edere. Ubi igitur filum duabus vicibus dextrorsum, et una sinistrorsum alternatim obvolveretur , ut exhibet Fig. 141 , duo puncta consequentia existerent ; atque ita porro. Helix ita constituta appellatur *mixta*. His principiis nisus D. Poggendorf Berolinensis Professor , suum *Condensatorem galvano-magneticum* construxit, qui nihil aliud est , nisi cupreum filum AB (Fig. 142) serica vitta obductum, et in spirae formam tortum, quae gyra 30 vel 40 absolvat. Fili extremum A laminae ex zinco conjungitur, extremum B laminae cupreae adhaeret, quae ambae in aqua acido nitrico perfusa immersae sunt. Hic apparatus ita constitutus verticaliter disponitur , eique stylus inseritur, in cujus apice acus chalybea *ab* sit imposita : haec statim vim magneticam concipiens, in meridiani magnetici directione sese constituit.

868. Iamdiu Physicis perspectum erat, acum chalybeam, quam ab una ad aliam ejus extremitatem scintilla a Machina Electrica vel Phiala Leydensi explosa trajiciat, vim magneticam acquirere, et ita quidem, ut cuspis ejusdem acus irruentem scintillam excipiens respiciat septentrionem, meridiem autem cuspis altera (858). Patet proinde , acum quamlibet magnetica vi imbui posse tam actione torrentis electrici ope Pilae promoti, quam exoneratione Machinae, vel Phia-

lae Leydensis. Vegetior tamen est magnetismus a Pilae torrente excitatus; in hac enim torrentis actio est continua ; in Machinae vero , vel Phialae exoneratione uno temporis momento absolvitur. In utroque autem casu, ubi acus actioni electricae subjiciantur in spiris metallicis potius insertae, quam filis rectis transversim impositae , earum vis magnetica eo magis augetur , quo minus fuerit spatium inter duas helices comprehensum , idest quo major fuerit orbium numerus. Quantitas autem magnetismi, qua acus actioni electricae subjecta imbuitur, necnon ejus poli directio, a natura, et dimensione corporum , quae illam tangunt, vel ambiunt, pendet. De his omnibus consule Pouillet (1). Ex iis omnibus, quae diximus, patet, hanc methodum vis magneticae in virgis ferreis vel chalybeis excitandae ope torrentis electrici praeferendam esse reliquis, de quibus alibi (726) loquuti sumus; haec enim prae caeteris facilius, et uberius id praestat. Illud dumtaxat animadvertendum est, in hac operatione conficienda filis substantia insulante obductis uti oportere ; eadem fila convenienti modo obvolvenda esse circa virgas, in quibus magnetismum excitare cupimus; ac proinde efficiendum, ut torrens Pilae efficacioris per eadem fila pertranseat.

869. Hic autem locus est loquendi de proprietate , quam habet *ferrum molle* (il ferro dolce) vim magneticam validissimam concipiendi ex actione torrentis electrici, eamque deperdendi statim ac circuitio abrumpatur ; id quod Physicis opportunitatem dedit ferrum molle in validum magnetem transmutandi, atque *magnetes* efformandi, quae *electro-magnetes*, vel *magnetes temporanei* vocantur, eo quod ferrum molle vim magneticam acquirat, vel deperdat ex institutione vel abruptione circuitionis electricae, eodem prorsus modo, quo eamdem proprietatem contrahit dum magneti admovetur, illam deperdit ubi ab ea separatur (720). Sumatur cylindrus ex ferro molli, et ad instar ferreae soleae equorum incurvetur, ut exhibet Fig. 143: circa hujus brachia S et N circumvolvatur in pluribus stratis ad ipsorum axem perpendicularibus longum ac exile filum cupreum serica vitta obductum, ut insuletur a ferro, et insulentur etiam orbes inter se. Hic cylindrus ita constitutus nullam edit actionem in scobem ferream, vel in virgas ejusdem metalli; at statim ac, instituta communicatione inter extrema *c* et *z* hujus fili et reophora alicujus Pilae vel unius elementi, torrens electricus filum ipsum trajiciat, ferreus cylindrus evadit magnes adeo validus , ut anchora *ab* ex ferro etiam molli ejus extremitatibus applicata ingens pondus 1000 , et 2000 chilogrammorum et amplius sustinere valeat. Si circuitio abrumpatur , magnes hic temporaneus statim omnem suam amittet virtutem, et pondus dimittet : si vero circuitio iterum instituatur ,

(1) Phys. loc. cit. n. 238.

magnes iterum pondus alliciet. Effectus vegetior hujus electro-magnetis pendet a ferri optima qualitate, a majori crassitie tum cylindri, tum anchorae, a fili diametro et a numero orbium, quibus idem filum circa cylindrum obvolvitur, nec non a majori torrentis electrici intensitate. Observandum etiam, effectum magneticum minui prout longiora sunt reophora, cum quibus filum cylindro obvolutum communicat.

870. Omnes electro-magnetes, quavis forma donentur, iisdem principiis construi solent; nisi quod hodie, quin ferreus cylindrus ad instar ferreae soleae equorum incurvetur, adhiberi solent duo cylindri ejusdem crassitiei inter se paralleli, qui conjungi solent virga ferrea transversa, quae iisdem cochlearum ope aptatur, et vice curvaturae jam dictae fungi solet. Ad hunc modum efformantur electro-magnetes telegraphis electricis inservientes, de quibus postea loquemur; ubi etiam fila cuprea exilissima et sericis filis probe obducta adhiberi solent; id quod plurimum utilitatis affert; nam hic circuitio in spatium valde longum institui debet.

871. Haec vis adeo ingens, quam cylindri ex ferro molli illico acquirunt, dum circuitio torrentis electrici ipsos trajicit, et illico deperdunt dum circuitio abrumpitur, ingenium omnium Physicorum acuit, ut exquirerent an viam invenire possent, qua vires electro-magneticae adhiberentur tanquam vires motrices ad naves, et currus vehendos, et ad motum machinis cujuscumque generis impertiendum. Primi, quibus id in mentem venerit, fuerunt duo Itali, nempe Professor Patavinus Dal Negro (anno 1831), et Professor Taurinensis Ioseph Dominicus Botto (anno 1834); deinde Dr Iacobi in Germania, Davidson in Scotia, Paterson in Americae Provinciis Unitis tentarunt, an hujus generis vis motrix vi motrici vaporis utiliter substitui posset. Equidem Iacobi cum successu adhibuit duas magnetum temporaneorum series e regione invicem positas, quorum poli jugiter alternabantur, ad movendam per *Nevae* flumen naviculam, quae plures homines vehebat, et 3000 metrorum spatium in singulis horis percurrebat; D^nus^ Paterson eodem artificio typographiae praelis motum communicavit, et Davidson quasdam machinas in Opificiis eadem ratione movit: novissime denique D. Froment in Gallia quamdam hujus generis machinam construxit, quae vim unius equi exerit. Inficiandum autem non est, effectum non adhuc Physicorum votis probe respondere; quamvis enim Botto momentum dynamicum cujusdam machinae electro-magneticae supputaverit, et invenerit 65 zinci chilogramma, quae unius diei spatio ad torrentem electricum sustinendum absumuntur, produxisse intra horas 24 effectum dynamicum 21,735,014 chilogrammorum, quae ad altitudinem unius metri attolluntur; nondum tamen videtur quomodo vis electro-magnetica vapori substitui

possit, qui vim infinite variam gignere, diversos celeritatis gradus machinis communicare, et pro lubitu ab homine dirigi potest, ut cuique compertum est; id quod de vi electro-magnetica adhuc dici nequit. Hic etiam, ut de Luce electrica diximus (845), expensae utilitatem superant; nam pondus zinci, quod ad gignendam in Pila vim electro-motricem oxydari debet, se habet ad pondus carbonis, quod ad vim motricem producendam in Machina vapore motam insumitur, ut 3: 1; et praeterea compertum est, zincum longe majori pretio venire quam carbones: unde D[nus] Hunt ex recentissimis observationibus et supputationibus a se institutis intulit, vis magneticae pretium ad eumdem effectum obtinendum, caeteris paribus, 25[es] vis vaporis pretium superare (1). Id tamen desperandum non esse innuit; ita enim omnia hominum inventa sunt comparata, ut nonnisi multos post annos ad perfectionem adducantur (333, et 845).

872. Sed utilitas electro-magnetum latissime patet in vere admiranda Telegraphi electrici inventione, de quo nunc sermo instituendus est. Super hac enim mirabili proprietate, qua pollent electro-magnetes recipiendi et amittendi vim magneticam, prout torrentis electrici circuitio instituitur, vel abrumpitur, quamvis longissimum fuerit filum quod torrens trajicit, constructio *Telegraphi electrici*, tanquam super firmissimo fundamento, nititur. Ut ejus principium essentiale concipi facile possit, ponamus, ex gr., communicationem electricam Neapolim inter et Cajetam institui debere. Constituta in statione Neapolis aliqua ex Pilis Voltae, hujus filum positivum Cajetam usque producatur, ibique pluries cylindro ferri mollis circumvolvatur, et deinde Neapolim redeat, ut cum polo negativo Pilae conjungatur. Torrens electricus per filum, quo hic cylindrus obvolutus est, pertransiens, eumdem cylindrum in magnetem temporaneum convertet; cui si discus ferreus mobilis cuidam elaterio adnexus ad eam distantiam objiciatur, qua vim electro-magnetis excipere possit; statim ac Neapoli circuitio electrica instituetur, prope Cajetam magnes temporaneus vim elaterii disco adnexi vincens hunc ad se alliciet, sibique firmiter adhaerentem retinebit; statim vero ac fili conductoris communicatio cum Pila Neapoli impediatur, adeoque abrumpatur circuitio, idem cylindrus omnem suam vim magneticam amittet, discus ab ea avelletur, et cedens actioni elaterii, quod illum a magnete removere jugiter nititur, in suam pristinam positionem se se restituet. Quocirca quoties Neapoli circuitio instituetur et abrumpetur, toties Cajetae discus ferreus ab electro-magnete allicietur et rejicietur; adeoque ex sola Pilae actione exerceri poterit quaedam actio mechanica Nea-

(1) Vide Majocchi, Annali di Fisica e Chimica. 2. Serie, T. 3. pag. 303.

polim inter et Cajetam, quae itus reditusque continui motum gignet. Perspicuum est itaque magnetismum temporaneum in ferro ope torrentis electrici excitatum efficere, ut quidam attractionis et repulsionis effectus ad ingentem distantiam produci possit. Hoc est principium essentiale Telegraphi electrici : hoc enim motu itus reditusque continui semel instituto, Mechanica nos docet multifariam multisque modis illum ad signa edenda applicari posse. Hinc diversi apparatus ad hunc finem consequendum prodiere, qui, etsi eodem principio omnes nitantur, plurimum tamen inter se differunt quoad ejusdem principii applicationem. Nostri Instituti non est de singulis hic sermonem facere : satis erit quaedam breviter dicere de duobus, qui prae caeteris adhibentur, nempe de *Telegrapho electro-magnetico Dni Morse*, et de *Telegrapho Dni Weatstone*, qui *telegrafo a quadrante* vulgo appellatur.

873. Telegraphus Dni Morse (1) ita est concinnatus. In statione, cui signa transmitti debent, adest cylindrus ferri mollis ad formam soleae ferreae equorum, circa quem Telegraphi filum obvolvitur : prope hunc cylindrum electro-magneticum posita est anchora etiam ferri mollis, quae a magnete temporaneo allicitur quoties torrens electricus illum trajicit : huic anchorae adnexus est quidam vectis incurvus carbone instructus , subter quem chartae plagula, ex peculiari quadam dispositione, secundum datam directionem indesinenter movetur. In statione , unde signa proficiscuntur, adest Pila Voltae, quae cum filo conductore communicat. Statim ac circuitio instituitur, anchora a magnete temporaneo allicitur, et carbo anchorae adnexus punctum super subjectam char-

(1) Il Sig. Samuele Morse , Professore nell' Università di Nuova York è stato per lungo tempo riguardato come il primo ed il solo inventore del telegrafo elettro-magnetico: questa gloria intanto gli viene oggidì cootrastata da numerosi rivali . . . Il Signor Weatstone diceva nel 1838 di aver raccolti i nomi di 64 pretensori alla scoverta del telegrafo elettro-magnetico. Ma stando alle asserzioni del Signor Morse , noi diremo che egli concepì l' idea del telegrafo elettrico , come oggi esiste , il dì 19 Ottobre 1832, allorchè ritornava dalla Francia in America sul vascello il *Sully* ; ed allega per testimoni di tale scoverta il Capitano Guglielmo Pell, e tutti gli altri che erano a bordo del medesimo vascello , coi quali il telegrafo elettrico da lui immaginato formava il continuo oggetto della conversazione. Una settimana dopo il suo ritorno , il Signor Morse si occupò a preparare le basi pratiche del suo sistema di telegrafia ; ma a motivo di difficoltà facili a concepire non potè stabilirlo che cinque anni dopo. Le prime esperienze che egli eseguì per invito del Congresso degli Stati Uoiti, ebbero luogo il 2 Settembre 1837, su di una distaoza di quattro leghe, in presenza di una Commissione dell'Istituto di Filadelfia, e di un Comitato preso nel seno del Congresso. Su i rapporti sommamente favorevoli di queste due Commissioni, il Congresso con un atto passato il 3 Marzo 1843 accordò una somma di 30,000 dollari (36,000 ducati circa) per nuove esperienze su di una scala più estesa. In seguito di queste ultime pruove, i cui risultamenti furono senza replica, il sistema telegrafico di Morse fu stabilito tale quale esiste oggidì negli Stati Uniti. Cominciò a funzionare regolarmente nei primi mesi del 1844. — Figuier, *Histoire des decouvertes scientif. modernes , Teleg. Electriq. C. IV.*

tae plagulam describit, si celerrime circuitio instituitur, et abrumpitur; describit vero lineam plus minusve longam, prout circuitio magis minusve perdurat; nihil denique describit quamdiu circuitio est abrupta; in hoc ultimo casu enim cylindrus omnem vim magneticam amittit, et anchora carbone instructa a chartae plagula removetur. Cuique autem obvium est, haec puncta, lineas, et spatia alba interjecta diversimode inter se, ex data conventione, ita combinari posse, ut alphabetum constituant: et reipsa D. Morse ex his signis alphabetum constituit, quo omnes mentis conceptus exprimi possunt; quare ejus Telegraphus est *instrumentum, quod verba transmissa per semetipsum describit;* eoque passim in Americae Provinciis Unitis utuntur (1).

874. Telegraphus autem a D^no Weatstone (2) inventus, vulgo

(1) La telegrafia elettrica occupa negli stati Uniti un immensa estensione: essa unisce il golfo del Messico alle foreste del Canadà — Una delle linee telegrafiche partendo da Burlington-Vermont sulla frontiera del Canadà, attraversa Boston, Nuova-York, e Washington, passando per Richemond, Raleigh, Columbia, Augusta e Mobile sino verso il golfo del Messico, e sino alle foci del Mississipi, che tocca presso la Nuova Orleans. Una seconda linea principale parte da quest'ultima Città, e risale per le valli del Mississipi e dell'Ohio sino a Luisville. Alcune altre partono dalle sponde dell'Oceano per dirigersi verso il centro del paese, risalendo verso i grandi laghi che lo limitano al nord. La linea di Burlington-Vermont presenta un' estensione considerabile, in ragione della gran distanza che separa le città che essa deve ricongiungere. Tra Borlington-Vermont e Boston essa percorre 290 miglia; tra Boston e Nuova-York 255 miglia; tra Nuova-York e Washington 342 miglia; tra Washington e Colombia 462 miglia; tra Colombia e la Nuova Orleans 1211 miglia. La linea della Nuova Orleans a Luisville presenta, compresevi le ramificazioni, un estensione di 1230 miglia, cosicchè gli Stati Uniti posseggono un sistema di telegrafi elettrici che lavorano con regolarità e precisione sopra 3750 miglia di estensione. Dall' anno 1845 in tutti gli Stati dell' Unione Americana il telegrafo è statu messo a disposizione del pubblico.....Grazie a questo agente meraviglioso, i commercianti Americani sono istantaneamente informati della partenza e dell' arrivo dei navigli nei porti dell' Oceano, delle mercuriali, del prezzo del cotone e del caffè nelle diverse Città del littorale e dell' interno. I produttori del paese che apediscono biade, cotoni, bestiame, pellicce cc. pei fiumi Ohio e Mississipi, sono avvertiti, durante il corso di questa lunga navigazione, delle diverse particolarità e degli accidenti che possono avvenire nel viaggio, delle variazioni del tempo durante il tragitto, finalmente del momento preciso dell' arrivo dei battelli. I particolari eziandio ricorrono al telegrafo elettrico in un gran numero di casi, il cui uso ci sorprenderebbe moltissimo; per esempio, per trasmettere dei mandati di pagamento; in una parola, il telegrafo elettrico è per essi una seconda posta, che spesso non è meno di essa occupata... Grazie al telegrafo elettrico, le novelle di Europa sono conosciute a Nuova-York due giorni prima dell' arrivo del vapore postale di Europa, ed ecco come: giungendo in America il battello a vapore tocca Halifax; ivi si fa rapidamente un riassonto delle notizie che esso arreca, e questo riassunto trasmesso immediatamente a Nuova-York mediante il telegrafo elettrico, arriva conseguentemente in questa Città prima del detto vapore postale, che deve impiegare due giorni per fare quest' ultimo tragitto — Figuier, *loc. cit.*

(2) La maggior parte delle linee di telegrafia elettrica che funzionano oggidì sulle strade di ferro in Inghilterra sono state create dal Signor Weatstone, il cui nome merita un posto distintu nella storia della grande invenzione che ci occupa. Se non è autenticamente provato che egli abbia il primo concepito l' idea della telegrafia elettro-magnetica, non si può contrastare che egli l' abbia il primo realizzata in

Telegrafo a quadrante, ita in suis praecipuis partibus est concinnatus. In singulis lineae telegraphicae oppositis stationibus adest circulus, super quem descriptae sunt viginti quatuor alphabeti litterae. In eorumdem circulorum centro adest index, qui ex actione torrentis electrici instituti vel abrupti identidem super litteras vel super spatiolum inter singulas interjectum exacte sisti potest. Ejusmodi circuli in oppositis stationibus collocati ita inter se sunt colligati mediante filo conductore Pilae, ut motus qui indice unius fiunt, eodem temporis momento exacte in alio repetantur. Quocirca, si quis, ex gr., ex una statione ad amicum suum in altera statione existentem loqui velit, illique dicere: *Veni huc*; indicem successive transferre debet super litteras V, E, N, I, etc.; torrens enim electricus per filum conductorem trajiciens, ex dispositione mechanica congruenter aptata, indicem alterius circuli similiter super litteras V, E, N, I, etc. successive transferet; tunc verba *Veni huc* ex una in aliam stationem uno eodemque temporis momento trasmittentur. Hac ratione transmitti possunt circiter quadraginta litterae intra unius minuti primi intervallum, quibus collectis, verba transmissa immediate leguntur.

875. Novissime tamen his circulis litteris instructis D. Weatstone substituit aliud simplicissimum artificium, quo Telegraphum ad suam (ut ita dicam) simpliciorem expressionem redegit, et *Telegraphum duplici acu instructum* (telegrafo a doppio ago) illum vocavit, eoque passim nunc utuntur in Anglia (1). In singulis statio-

una maniera pratica. Questo Fisico illustre fu condotto all'invenzione dei suoi apparati telegrafici dalle esperienze, che fece nel 1834 sulla celerità di trasmissione dell'elettricità. Egli si assicurò che questa celerita è di 333,800 chilometri per minuto secondo, o se si vuole, che l'elettricità potrebbe nell'intervallo di un secondo fare otto volte il giro del globo (799). Per eseguire simili esperienze egli aveva impiegato dei fili della lunghezza di più leghe. Gli effetti prodotti dalla elettricità a distanze così grandi gli provarono che le communicazioni telegrafiche per mezzo dell'elettricità erano non solo possibili, ma facilmente eseguibili. Egli si mise dunque a ricercare gli apparati i più convenevoli per realizzare il suo progetto, ed arrivò ben presto ai risultati i più soddisfacenti. Il primo telegrafo costruito dal Signor Weatstone fu stabilito nel 1838 su di una parte della strada di ferro da Londra a Liverpool; era fondato sul principio della deviazione degli aghi calamitati per l'influenza della corrente voltaica, e si componea di cinque fili che servivano a far comparire instantaneamente le diverse lettere dell'alfabeto. L'impiego di cinque conduttori era una complicazione seria, ed un accrescimento di spesa: quindi un tal sistema fu subito abbandonato dall'inventore, il quale costrusse nel 1840 il *telegrafo a quadrante* fondato sul principio della calamitazione temporanea mediante le correnti elettriche, e che ha funzionato qualche tempo sulle linee inglesi — Figuier, *ibidem*.

(1) Niuno ignora che la telegrafia elettrica oggidì in Inghilterra è eseguita su di una scala assai considerevole. Dall'anno 1846 una Compagnia potente, conosciuta sotto il nome di *Compagnia del Telegrafo elettrico* si è formata per estendere questo genere di communicazione a tutte le città importanti dell'Inghilterra e della Scozia — Essa nel 1848 ha fatto innalzare un magnifico Stabilimento nella Città di Londra, vicino alla Borsa ed al quartiere della Banca. Quest'edifizio forma il punto di unione, ove vengono a terminare le linee telegrafiche, che si diramano da 60 Città importanti. Londra si trova in tal guisa messa in communicazione istantanea con Cam-

nibus adsunt duo circuli ita dispositi, ut in medio uniuscujusque eorum ad instar duorum indicum horologii adsint duae acus circa proprium axem ita versatiles, ut ad libitum sisti possint dextrorsum, vel sinistrorsum supra singula puncta circumferentiae ejusdem circuli (1); eaedem acus instructae sunt manubrio, quo ad hominis signa transmittentis nutum verti possunt: motus huic manubrio impressus circuitionem torrentis electrici instituit, vel abrumpit, et acus hac ratione motae diversas, innumerasque positiones in circuli circumferentia excipere possunt, quae eodem tempore super circulo in altera statione posito similiter repetuntur: ex his diversis positionibus acuum supra circumferentiam conficitur alphabetum telegraphicum. Specimen signorum, quae pro litteris adhibentur, in Fig. 144 exhibetur, hoc modo:

Pro littera A unus motus sinistrorsum cum acu sinistrorsum posita.

Pro littera B duo motus sinistrorsum cum eadem acu.

Pro littera D quatuor motus sinistrorsum cum eadem acu.

Pro littera E unus motus sinistrorsum cum eadem acu, et duo motus dextrorsum cum acu ad dexteram collocata, etc.

876. Nunc de filis, quorum ope torrens electricus, adeoque signa et verba, ex una ad aliam stationem quam maxime remotam fere in instanti propagatur, pauca dicenda sunt. Ad circuitionem conficiendam adhiberi potest filum cupreum vel ferreum; quum autem cuprum sexies magis quam ferrum electricitatem conducat, primum secundo praefertur: crassities fili cuprei solet esse circiter 4 millim., crassities fili ferrei fere 6 millim. Filum autem, sive cupreum sive ferreum illud sit, in tota sua extensione *insulari* debet; si enim duae ejus partes se mutuo in aliquo puncto tangerent, vel cum aliquo corpore deferente, aut etiam cum tellure communicarent, circuitio in contactus puncto abrumperetur, et signis communicandis fere inefficax redderetur. Duplici ratione fila insulari solent: vel enim sustentaculis imponuntur, vel in canales subterraneos immittuntur; priori modo disponuntur in America (2), in

bridge, Norwick, Portsmouth, Birmingham, Stratford, Manchester, Glascovia, Edimburgo etc. Dal 1847 sinora la Compagnia ha esteso di una maniera considerevole i fili della rete telegrafica. Secondo un rapporto fatto non ha guari dal Signor Walker, 2300 miglia inglesi sono oggidì occupate dai fili del telegrafo elettrico, il che vuol dire che in Inghilterra quasi tutte le strade di ferro si trovano munite di questo prezioso apparato. . . L'edifizio dello Stabilimento suddetto è decorato sulla sua porta esteriore di un orologio messo in movimento dall' elettricità; una piccola pila mette in moto gl' indici. Se la Compagnia adottasse per l' illuminazione la luce elettrica invece del lume a gas, lo Stabilimento, com' è evidente, sarebbe completo nel suo genere— Figuier, *ibidem*.

(1) In singulis stationibus ideo adsunt duo circuli, quia unus ad signa ad alteram stationem transmittenda, alter ad eadem ab illa recipienda destinatur.

(2) La telegrafia elettrica è assai avvanzata in Germania; poichè questo paese è stato uno dei primi a seguir la via sì felicemente aperta dal genio Americano; pre-

Anglia, et in Gallia; posteriori vero ratione collocari solent in Germania (1): nunc vero, ut commoditas magis exigit, indiscriminatim ubique adhibentur. Ubi prior dispositio eligatur, quaedam virgae abiegnae in tellure ad distantiam 50 vel 60 metrorum firmiter infixae filum ad altitudinem trium vel quatuor metrorum sustinent; eaedem virgae prope verticem instructae sunt lamina vitrea, vel ex porcellana, vel etiam ex substantia vulgo *gutta-perca* dicta, ad filum *insulandum* destinata, quae ope alterius laminae ferreae vel ex zinco, ad instar tecti eidem impositi, a pluvia defenditur; si namque vel sustentacula, vel laminae insulantes madefierent, tunc fila

sentemente essa è stabilita in tutte le seguenti Città; Aix-la-Chapelle, Colonia, Elberferd, Annover, Brunswick, Amburgo, Berlino, Cassel, Dresda, Lipsia, Norimberga, Ausburgo, Francoforte, Monaco, Stettino, Breslavia, Vienna, Pesth, Praga, Trieste, Cracovia, Milano, Verona, e Venezia... In Francia si sta ancora molto indietro riguardo all'uso del telegrafo elettrico; esso si estende appena sulle strade di ferro in corso di esecuzione, e si usano ancora rotismi e congegni più o meno complicati. La linea da Parigi alle frontiere del Belgio, quella da Parigi a Calais ed alla Havre sono provvedute di conduttori elettrici, che mettono Brusselles, la Havre, e Calais in communicazione istantanea con Parigi... Nell'Olanda e nel Belgio la telegrafia elettrica non ha ancora molta estensione; è però bastante a far sì che Vienna, Berlino, e Brusselles sieno riunite tra loro con un legame elettrico. E siccome d'altra parte Brusselles corrisponde direttamente con Parigi per una simile via, si vede che tutte le grandi Capitali del Continente Europeo profittano oggidì del vantaggio di questa conquista preziosa della scienza moderna. In somma, si può al presente corrispondere direttamente da Parigi con Brusselles, Colonia, Francoforte, Annover, Berlino, Amburgo, Lipsia, Dresda, Breslavia, Vienna, Trieste, Venezia, Milano, etc. E quando il filo sotto-marino, che attraversando l'Oceano, deve far communicare Douvres e Calais, sarà stabilito in una maniera definitiva (il che si è già effettuito nel dicembre dello scorso anno 1851), questa rete ammirabile, simbolo futuro della pace universale, e della mutua affezione dei popoli, sarà completa in tutta la sua estensione — Figuier, *loc. cit.*

(1) Questa disposizione dei fili conduttori non è la sola adottata in America. Siccome si ricerca prima di tutto l'economia, nel fine di multiplicare le linee per quanto è possibile, si prende in generale la via la più breve, e non si ha difficoltà di collocare i conduttori sull' orlo delle grandi strade, o anche attraverso ai campi. Sul margine delle strade il filo è sostenuto, come lungo le strade di ferro, da pali di legno di abete. Se la linea s' innoltra attraverso ai campi, si utilizzano spesso gli alberi in essi esistenti; si tagliano i rami, ed il tronco rimasto all' impiedi serve di sostegno al filo telegrafico. Se s' incontra un fiume, un braccio di mare che non si possa sormontare, si ricovre il filo di *gutta-perca*, e si colloca così semplicemente sotto l' acqua. E così infatti il telegrafo che va da Nuova-York a Wasington possiede sedici leghe di filo sommerso nell' acqua del mare. La *gutta-perca* essendo una sostanza assai adesiva, e che gode di una proprietà isolante assai rimarchevole, non si deve affatto temere la diffusione del fluido elettrico nell' acqua salsa. Siccome poi i fili stabiliti nei campi hanno bisogno di essere sorvegliati, si sono interessati alla loro conservazione i proprietarii dei terreni attraversati, accordando loro la facoltà di trasmettere gratuitamente i dispacci che li riguardano. In ricambio di questo vantaggio, di cui sono gelosissimi, essi guardano e sorvegliano con molta diligenza la porzione della linea telegrafica stabilita sulle loro terre... In Inghilterra i fili conduttori sono di rame; e sono, come in America, sospesi a pali di abete... intanto l' uso dei fili sotterranei comincia a dilatarsi in Inghilterra: i fili che passano sotto terra o sotto acqua si foderano di gutta-perca; quelli nell' aria sorreggonsi con puleggie, o tubi di terra cotta invetriata. In Prussia la maggior parte dei fili è sepolta sotterra; il resto, come in America, è disposto sugli orli delle strade.

imperfecte insularentur, unde torrentis intensitas valde imminueretur. Ubi fila in canalem subterraneum immittuntur, canalis profunditas subter solum duo vel tria decimetra non excedit; et quamvis hac ratione disposita fila nunquam probe ab humiditate defendi possint, adeoque imperfecte insulentur; huic tamen incommodo nunc facile occurritur, filum in tota sua longitudine obducendo substantia illa, quae *gutta-perca* vocatur; hanc enim insulandi proprietate mirifice praeditam esse Physicis omnibus hodie compertum est. Notandum etiam unum dumtaxat filum sufficere ad circuitionem constituendam; experientia namque perspicue ostendit, loco alterius fili, quo ad hunc finem olim utebantur, adhiberi posse ipsius Telluris solum, cujus proprietas optime electricitatem conducendi efficit, ut electricus torrens a Pila per filum profectus ad eamdem redeat per hunc conductorem ab ipsa natura efformatum. Tunc autem in statione puteus effodiendus est, qui aqua repletus jugiter detineatur; in priori statione filum metallicum cum polo positivo Pilae communicat; et inde per sustentacula, vel subterraneum canalem ad alteram stationem pervenit, ubi, trajectis apparatibus ad signa edenda destinatis (873, et 874), immergitur in putei aquas mediante lamina ferrea, quae ejus parti extremae est adferruminata: polus negativus Pilae eodem modo communicat cum aquis putei prioris stationis; atque ita fit, ut duorum puteorum aquae inter se vel per aquas subterraneas, vel per flumina et maria, vel denique per ipsas Telluris partes solidas et conductrices electrice conjunctae, circuitionem eodem prorsus modo, et aliquando melius absolvant, ac si alterum filum vel sustentaculis innixum, vel in canalem subterraneum immissum existeret. Sed haec ad nostrum propositum satis.

ARTICULUS SECUNDUS

DE ACTIONE TELLURIS, AC MAGNETUM IN ELECTRICOS TORRENTES.

877. Statim ac compertum fuit, electricos torrentes in magnetes quamdam exercere actionem, nulli dubium fuit, quin vicissim magnetes etiam in torrentes suum exercerent imperium, iisque motum diversimode communicare possent. Inter haec omnia autem phaenomena, illa, quae ex telluris vi magnetica oriri debebant, Physicorum curiositatem excitarunt: sed Ampere omnium primus quemdam apparatum valde ingeniosum construxit (qui Physicis sub nomine *Apparatus Dni Ampère* notus est), cujus ope torrentes mobiles obtinentur, ut effectus, quos gignunt, perspici possint, ubi vi magneticae telluris, non secus ac acus magneticae actioni, expona-

tur. Tellus enim, quae tamquam ingens magnes se habet (733), agit etiam sicut quaedam ingens Pila, cujus poli filo conjunctivo, quod fluido electrico conducendo aptissimum sit, conjungantur.

878. Apparatum D[ni] Ampère simpliciorem reddiderunt alii Physici, ejusque summa huc redit. In lignea basi MN (Fig. 145) infixae sunt duae columnae cupreae *ac* et *bd*, quae in parte inferiori *a* et *b* cum polis alicujus Pilae (ut plurimum adhiberi solet Pila Vollastonii) communicant; in parte vero superiori sustinent duas virgas horizontales *ce* et *df*: hae virgae autem etsi ad invicem tangi videantur, sunt tamen substantia aliqua cohibente ab invicem separatae, et in suis extremitatibus instructae sunt duabus parvis cavitatibus *x*, et *y* mercurio repletis. Filum cupreum rectanguli figuram *ghkl* exhibens, per suas extremitates ad instar rostri inflexas et cuspidibus chalybeis instructas his cavitatibus imponitur; tunc autem, instituta circuitione electrica, torrens per columnas, et dictum rectangulum pertransit ad eum modum, quem indicant sagittae, ejus scilicet directio est *b d f i g h k l m x e c n*; illudque ita suspensum maximam acquirit mobilitatem circa axem verticalem cuspidum chalybearum, quae innituntur parvo vitreo disco in dictarum cavitatum fundo existente. Ubi torrens per rectangulum mobile pertransit, hoc cedens viribus electricis quae ipsum urgent, hinc inde rotare et oscillare incipit, aequilibrii positionem quaerens; *nec quiescit, nisi quum ejus planum sit meridiani magnetici plano perpendiculare, et torrens simul in ejus parte inferiori ab oriente ad occidentem procedat.* Si torrentis *directio immutetur*, rectangulum pariter invertitur, et dimidiam revolutionem conficit; deinde iterum oscillat, et *in eodem plano ac antea sistitur, dirigendo tamen suas partes in ratione omnino contraria.* Idem effectus obtineretur, si loco rectanguli adhiberetur filum circulare (Fig. 146.), vel alterius cujuscumque figurae.

879. Hujus phaenomeni caussa non alia assignari potest, nisi Telluris actio magnetica. Si namque torrens electricus efficit, ut acus magnetica mobilis rotationem concipiat, et suum *polum borealem* semper ad sinistram torrentis partem convertat (860); evidens est, acum magneticam fixam et stabilem eamdem in torrente mobili rotationem producere debere: magnes autem fixus in hoc casu est Telluris globus, quem tanquam ingentem magnetem spectari debere diximus (733).

880. Ad probandam Telluris actionem in electricos torrentes D. Aug. de la Rive quoddam simplicissimum apparatum excogitavit, quod *anello galleggiante* vulgo appellatur. Constat ex cupreo filo (Fig. 147) serica vitta obducto, quod in orbem quinquies vel sexies conversum circulum efficiat, cujus diameter sit 3, vel 4 pollicum; ejus duabus extremis partibus nudis, seu serica vitta non obductis, ad-

ferruminantur duae laminae, una ex zinco, altera cuprea. Annulus hoc modo constitutus filo serico exilissimo ita suspenditur, ut duae laminae in subjectam aquam acido liquore perfusam immergantur: quum enim hic apparatus nihil aliud sit, nisi Pilae Voltae unicum ac simplex elementum, statim ac in aquam immergitur, circuitio torrentis electrici instituitur, qui filum trajiciens, per aquam a cupro in zincum restituitur. Post aliquot oscillationes super liquidi superficiem hic annulus ad aequilibrium in ea directione se componet, qua ejus planum sit meridiani magnetici plano perpendiculare; id quod tam in torrente rectangulari, quam in torrente circulari, vel alterius figurae, evenire debere diximus (877).

881. Quod si filum mobile ita disponas, ut ex utraque parte axis rotationis adsint portiones symmetricae, per quas torrens in eadem directione transeat, tunc Telluris actio elidetur, nullamque proinde vim directricem in torrentem exercebit. Ex sola inspectione figurae 148 id patet, quae rectangulum exhibet nulla vi directrice instructum; torrentis enim directio, quae a sagittis in hac figura designatur, innuit in omnibus fili positionibus in utraque axis parte existere vires parallelas aequales, et in eadem directione pergentes, quae idcirco sunt inter se in aequilibrio, ad invicem eliduntur, et systema electro-dynamicum astaticum efficiunt, quod Telluris actioni omnimode indifferens est. Brevitatis caussa mittimus reliqua theoremata, quae Physici post Ampère demonstrant in Torrentibus tum *verticalibus*, tum *horizontalibus*, quaeque principii jam dicti veritatem magis magisque confirmant, et apud Pouilletum (1) et Matteucci (2) legi possunt.

882. Quae hactenus dicta sunt de actione, quam magnetismus Telluris in torrentes mobiles exercet, viam sternunt ad omnes effectus intelligendos, qui ab actione magnetum tum naturalium, tum artificialium in iisdem torrentibus producuntur. Et re quidem vera, si torrens fixus in magnetem mobilem agit (859), vice versa, magnes in torrentem mobilem suam actionem edere debet. Admoveas, velim, virgam, vel fascem magneticum rectangulo vel circulo mobili jam dictis in apparatu Amperiano impositis; videbis torrentem filum trajicientem ex magnetis actione varias oscillationes conficere, et prout magnes hinc inde circa torrentem transferetur, hunc ab illo nunc allici, nunc repelli, nunc diversimode moveri, et tum demum in aequilibrio consistere, quum in *crucis formam se se cum virgae magneticae axe ita componat, ut haec suum polum borealem ad sinistram habeat.* Motus, qui ex actione magnetis in electricos torrentes producuntur, varii et multiplices esse possunt; quum

(1) Pouillet, loc. cit. n, 241, 242.
(2) Matteucci. Lez. LX.

enim magnetis poli torrentibus diversimode admoveri, adeoque vim suam in eos diversimode edere possint; quumque hujus vis dispositio respectu axis rotationis et brachiorum fili metallici, in quod agit, infinite varia esse possit; horum phaenomenorum casus et leges in infinitum etiam variare debere manifestum est. Quare sufficiat hic indicare dumtaxat sequens principium generale, ex quo hi varii motus explicari possunt : *Actio magnetis in electricos torrentes eadem est, ac si circa magnetem circumvolverentur torrentes ejus axi normales, et in ejus parte inferiori ab oriente ad occidentem procedentes.* Omnia hujus generis phaenomena confirmari possunt *annulo* D^ni^ de la Rive. Pro omnibus sequens exemplum sufficiat. Si huic annulo polum borealem alicujus acus vel virgae magneticae ad quamdam distantiam exhibeas, videbis eumdem annulum circa seipsum aliquo modo converti, deinde polum petere, magnetem circumire usque ad mediam ejus partem, demum post quasdam oscillationes se sistere. Si magnes ante annulum agatur, vel retrotrahatur, annulus omnibus his motibus obtemperabit, ut in jam dicta positione, in qua dumtaxat suum aequilibrium servat, manere possit.

883. Notari merentur phaenomena, quae ex actione magnetis produci possunt in *torrentem electricum horizontalem*, quaeque etiam ex magnetismi terrestris actione obtinentur. Et 1.° quidem, si polus borealis alicujus virgae magneticae admoveatur parti inferiori torrentis electrici horizontalis, quum ibi magnes secundum magnetismi terrestris directionem operetur, motum rotationis acceleratum torrens concipiet. 2° Ubi vero eumdem polum *in parte superiori constituas*, magnetis actio actioni Telluris opposita erit; ita ut si polum a torrente magis, vel minus removeas, nunc Telluris, nunc magnetis actionem praevalere perspicias. 3° Polus australis magnetis in directione, quae poli borealis directioni sit contraria, agit; quumque cujusque poli actio oppositas gignat rotationes prout parti inferiori, vel superiori torrentis horizontalis admoveatur; manifestum est, in hoc plano actionem utriusque prorsus nullam esse debere. Experimentis haec omnia comprobantur. Innumera pariter et infinite varia experimenta in torrentibus verticalibus ascendentibus, seu descendentibus confici possunt. D. Faraday instrumentum valde simplex excogitavit, cujus ope phaenomena rotationis perpetuae obtinentur. Ejus descriptionem legas in Pouilleto (1). Ad eumdem finem inserviunt tum *cylindrus rotans* D^ni^ Marsh, tum illud aliud instrumentum, quod *mulinello di Barlovo* appellatur, quae a Piauciani, aliisque passim describuntur.

884. Sunt et quaedam phaenomena, quae Davy observavit in torrentibus, qui vel liquidum aliquod, vel vacuum boyleanum per-

(1) Pouillet, loc. cit. n. 241.

transeunt. Inter ea illud est praecipuum, quod quum in fundum vitrei vasis mercurio fere repleti duo fila conjunctiva ita immisisset, ut e reophoro positivo torrens in mercurium transiret, ex hoc vero in reophorum negativum; observavit, mercurium non modo rotationis motum diversimode concipere, verum etiam supra quodlibet filum conjunctivum plures parvos conos efficere, ex quibus innumerae undae in diversis directionibus procedebant; ubi vero his parvis conis polum virgae magneticae admovisset, mercurium sensim deprimi, ac ad libellam sese componere perspexit; hunc denique magis deprimi, et ad infundibuli mobilis et vorticosi instar, cujus vertex fere fili extremum inferius pertingebat, constitui, ubi in minori etiam ac prius distantia magnetis polum eidem admovebat. Idem etiam observavit, torrentes vacuum boyleanum pertranseuntes ex validi magnetis actione agitari, dirigi, ac moveri posse; non autem obtineri scintillam, quae a Machinae electricae conductore eruitur; haec enim ubi consueto modo excitetur, eique magnes admoveatur, ob suam nimiam celeritatem ab hujus actione se subtrahit. Hinc infertur, fulgura, quae saevientibus procellis in coelo coruscant, actionem Telluris magneticam vix, aut ne vix quidem experiri; electricitatem, quae in superioribus atmosphaerae regionibus grassatur, huic actioni subjici, ab eaque motum, ac directionem recipere. Hoc D[ni] Davy experimentum explicando Aurorae borealis phaenomeno plurimam lucem affert.

885. Demum silentio praetereundum non est, *magnetem agitare et extinguere flammam arcus Voltaici*; id quod evidentissimum est indicium actionis, quam magnes in torrentem electricum exercet. Iam diximus (846) lucem electricam inter duas carbonis acies ope alicujus Pilae productam, tamdiu perdurare, quamdiu transitus torrentis electrici ex una in aliam carbonis aciem perdurat. In hoc casu flamma, quae inde emicat, efficit torrentem adeo mobilem, ut mobilitatem torrentium fila rectangularia vel circularia in apparatu Amperiano convenienter imposita trajicientium valde superet: quocirca fieri debet, ut haec flamma actionem polorum alicujus magnetis facilius experiatur. Id reipsa evenit; nam virga metallica suam actionem in ipsam ad insignem distantiam exercet, illam sensibiliter incurvat (Fig. 133.), hinc inde circumvertit prout polo boreali vel australi illam respicit; illam denique extinguere valet non secus, ac halitus lucernae flammam extinguit.

ARTICULUS TERTIUS

DE MUTUA TORRENTIUM ELECTRICORUM IN SEIPSOS ACTIONE, ET DE AMPERIANA MAGNETISMI THEORIA

886. Ds Ampere, cui accepta referimus omnia experimenta circa mutuas torrentium electricorum in seipsos actiones, nec non leges mathematicas, quibus reguntur, et generalem theoriam, vi cujus omnia phaenomena jam antea diversis caussis adscripta unico principio explicantur, apparatum jam antea memoratum (877) parum variando, effecit, ut omnes hae leges oculis subjici possent. Rectangulum *b c d e f* (Fig. 149) ex filo cupreo per suas extremitates cuspidibus acuminatis instructas aptatur cavitatibus x et y duarum virgarum horizontalium in superiori parte columnarum T et V existentium. Instituta communicatione inter polos alicujus Pilae et dictas duas columnas T, et V, torrens per columnam T ingrediens, in rectangulum pertransit, illudque percurrens juxta sagittarum directionem, per columnam V exit; ejus nempe directio est *T x f b c d e y g h V*; scilicet torrentes columnae T et lateris *de* rectanguli *b c d e f* per eamdem directionem procedunt et ambo *ascendunt*; torrentes vero lateris *bc* ejusdem rectanguli et columnae V per eamdem directionem procedunt, sed *descendunt*: atqui experientia ostendit unamquamque columnam fortiter ad se allicere rectanguli latus, per quod torrens juxta eamdem directionem procedit, et efficere ut idem rectangulum in ea positione consistat, in qua latus *de* prope columnam T, et latus *bc* prope columnam *V* invenitur; nempe ut torrentes ascendentes ex una parte, descendentes ex parte opposita viciniores sint: manifestum est igitur, *duos torrentes parallelos in eadem directione procedentes se mutuo attrahere.*

887. Quod si loco rectanguli nuper adhibiti ponatur rectangulum *a b c d e* diverso modo inflexum, ut ostendit figura 150, in quo nempe fila non decussantur in *e*; quum in hoc casu torrentes viciniores in columna et in rectangulo in contrariam directionem pergant, ex una parte nempe unus ascendat et alter descendat, ex alia vero omnia diverso modo eveniant, efficax repulsio observabitur; rectangulum scilicet convertetur, et dimidiam conficiet revolutionem ubi nullo obstaculo impediatur: hinc *duo torrentes paralleli in contrariam directionem pergentes se mutuo repellunt.* In his experimentis conficiendis cavendum est ne rectanguli motus tanquam effectus torrentis magnetici Telluris considerari possit; cui impedimento occurritur modo jam dicto (881).

888. Duo torrentes quin in directionibus sibi invicem parallelis suam edant actionem, ita disponi possunt, ut ad invicem in pun-

cto aliquo decussentur. Hi duo torrentes ita dispositi consistere possunt vel in eodem plano, adeoque per suas directiones ad invicem occurrere; vel in planis diversis, ita ut eorum directiones nunquam ad invicem occurrant: in priori casu punctum, in quo ad invicem occurrunt, est intersectionis punctum; in altero vero pro hoc puncto sumenda est linea perpendicularis inter utrumque anguli verticem ducta. Hinc sequens statuitur propositio: *Duo torrentes, quorum directiones decussantur, se invicem urgent circa communem verticem, donec evadant paralleli, et in eadem directione procedentes.* Sint duo torrentes *ab* et *cd* (Fig. 151.), qui ad invicem decussantur in *r*; observabitur, inter partes *ar* et *dr*, quae ad invicem accedunt ad *r*, et inter partes *cr* et *rb*, quae ab invicem ab eodem puncto *r* recedunt, attractionem dari; repulsionem vero inter partes *ar* et *cr*, quarum prima ad *r* accedit, altera vero ab ea recedit; idemque inter partes *dr* et *rb* evenire. Notandum, *attractionem* dari in angulis *ard*, *brc*; *repulsionem* vero dari in angulis, quorum latera ita sunt disposita, ut unus torrens ad anguli verticem accedat, alter vero ab eo recedat, uti sunt anguli *arc*, et *brd*.

889. Plures alias torrentium electricorum in se mutuo agentium proprietates detexit D. Ampère, quas brevitatis caussa hic omittimus. Tam istae, quam illae, de quibus hactenus breviter sermonem fecimus, eidem occasionem praebuerunt, ut sequentem magnetismi theoriam ad omnia electro-magnetica phaenomena ex unico principio facillime explicanda excogitaret; cui omnes magni nominis Physici ob ejus mirabilem simplicitatem, et maximam probabilitatem hodie litare solent. Statuit equidem celebris hic Physicus, quamlibet magnetis vel minimam particulam a quodam peculiari torrente circumdari, qui perpetuo sive intra, sive extra particulam illam movetur, circuitionem perfectam et in se redeuntem absolvens. Hinc si in virga aliqua cylindrica particularum series ejus axi parallela concipiatur, aggregatio plurium torrentium has particulas ambientium eam dispositionem affectabit, quae a Figura 152 repraesentatur; reliquae particularum series illi parallelae eamdem assument dispositionem; adeoque virga quaelibet magnetica nihil aliud erit, nisi horum systematum collectio et aggregatio. Atqui si aliqua virga ita secetur, ut sectio sit axi perpendicularis, omnes circuitiones elementares, quae in hac sectione concipiuntur, uno tantum circulo exhiberi possunt, qui ut earum *resultans* haberi debet; virga autem sicuti plurium harum sectionum invicem superpositarum, et in eadem directione procedentium aggregatio concipi potest; ergo virga aliqua magnetica tanquam horum torrentium circulos imitantium aggregatio spectari potest, qui omnes sunt invicem paralleli, versus eamdem plagam diriguntur, et virgae axi, in quo eorum centra sunt posita, perpendiculariter insi-

stunt. Quod de hoc cylindro diximus, de acu magnetica, vel etiam de magnete quovis dici potest, quaecumque sit eorum figura; dummodo in iis semper axis concipiatur, circa quem torrentes superius memorati eadem via procedentes, et perpendiculariter eidem insistentes spectari possint.

890. His principiis nisus Ds Ampère facilem viam excogitavit, qua magnetes artificiales cum quadam approximatione confici possunt. Si namque filum metallicum sumas filo serico obductum, illudque in helicis formam ita contorqueas, ut semper eamdem servet directionem, ac deinde torrentis electrici actioni exponas, habebis magnetem artificialem. Hi sunt, qui *Cylindri electro-dynamici*, vel alio nomine *Solenoides* (1) ab eodem Ampère appellantur. Illud tamen discriminis inter chalybeum cylindrum magnetica virtute praeditum, et *Solenoidem* adest, quod circuli, qui in magnetico cylindro concipiuntur, sunt perfecte clausi; illi vero, qui Solenoidem efformant, non sunt perfecte clausi, sed in spirae formam dispositi inter se communicant, ac unius tantum torrentis actioni subjiciuntur. Quod si filum ita contorqueatur, ut exhibet Fig. 153., effectus ejus portionis rectilineae, quae varios circulos conjungit, destruetur, et in Solenoide duo aequales, et oppositi torrentes existent. Denique, ut omnia tum acus magneticae, tum etiam magnetis phaenomena observari possint, expedit, ut filum metallicum non cylindro obvolvatur, sed duobus conis oppositis (Fig. 154), vel aliis etiam corporibus, quae ab alicujus superficiei revolutione non generantur. Solenoidem ita constitutum si duarum cuspidum metallicarum ope, ut exhibet Figura 155, in apparatu Amperiano suspendas, in directione acus magneticae se disponere videbis; quum enim singuli ejus circuli in plano, quod sit meridiano magnetico perpendiculare, se disponere debeant (878); ejus axis, qui his circulis est perpendicularis, invenitur esse in meridiani magnetici directione, scilicet in directione acus magneticae.

891. In hac, de qua loquimur, hypothesi globus terraqueus ita concipitur, ac si a pluribus torrentibus interioribus aequatori magnetico parallelis pervaderetur. Omnes horum torrentium actiones ad unius torrentis hypothetici actionem rediguntur, cui intensitas et situs peculiaris tribuitur, ut omnes simul effectus exhibere possit. Hic unicus torrens est ille, quem *torrentem medium Telluris* vocant (*corrente media della terra*). In aequatore magnetico hic torrens verticaliter insistit: in aliis Terrae plagis plus minusve inclinatur. Ejus directio *ab oriente occidentem versus procedit*, et multiplici experimento comprobari potest ope Machinae Amperianae, nec non ope annuli Dni de la Rive, quod instrumentum hodie pro sua

(1) A σώλην, ὁ, *tubus*.

simplicitate huic Machinae ut plurimum substitui solet in hujus generis experimentis conficiendis. In n.° 878 statuimus, torrentem mobilem ex Telluris actione eam accipere *directionem*, *quae plano meridiani magnetici sit perpendicularis*, *et ab oriente ad occidentem procedat*: torrens itaque terrestris eodem modo se habet. Ejus autem situs reperitur in plano, quod inclinationis acui sit perpendiculare.

892. Hac hypothesi admodum ingeniosa, quae veritatis omnimodam speciem praesefert, Ampère, et post eum Physici omnes rationem reddunt omnium phaenomenorum, quae ab actione Telluris in torrentes electricos, et in magnetes procedunt; ac illorum, quae a mutua actione torrentium, ac magnetum, vel magnetum inter seipsos oriuntur; eorum nempe omnium, de quibus hactenus sermonem fecimus. At quoniam longius quam Instituti ratio sinat, progrederemur, quaedam tantum speciminis caussa breviter hic afferemus. Et 1.° quidem quod ad actionem Telluris in torrentes electricos attinet, latera horizontalia, ex. gr., rectanguli *ghkl* (Fig. 145.) quum a torrentibus contrariis trajiciantur, nullo modo torrentis terrestris actioni subjici debent; hinc in hoc rectangulo spectari debent dumtaxat torrentes verticales, quorum unus orientem versus, alter versus occidentem dirigi debet, ut diximus (878). Hinc idem rectangulum se disponere debet in directione, quae plano meridiani magnetici sit perpendicularis, et in aequilibrio tunc consistere, ubi torrens descendens orientem respicit, torrens vero ascendens respicit occidentem; id quod reipsa evenit, ut vidimus (878). Idem dicendum de torrente circulari, vel alterius cujuscumque figurae. 2.° Quod attinet ad Telluris actionem in magnetes, explicatur tum *declinatio*, tum *inclinatio* acus magneticae: quum enim torrens circularis clausus disponatur semper in directione, quae plano meridiani magnetici sit perpendicularis, sequitur, quamdam circulorum parallelorum seriem, per quos torrens in eadem directione transit, in eadem etiam directione disponi oportere; atqui haec circulorum parallelorum series solenoidem horizontalem exhibet (890); hinc solenoidem horizontalem apparatui Amperiano suspensum in directione acus declinationis ita converti oportere, ut torrentis latus occidentem respiciat, cuique vel parum attendenti patet, ut ibidem diximus. Acum igitur declinationis ad solenoidem redigi manifestum est. Idem de inclinatione magnetica dicendum. 3.° Eodem modo explicantur mutuae actiones, quas magnetes ad invicem exercent; bifariam namque dividendo solenoidem, duobus polis ipsum reperiemus instructum, non secus ac evenit ubi virga quaecumque magnetica secundum lineam mediam in duas partes dividitur (715). Et sic de caeteris. Qui hac de re uberiorem cupiunt notitiam, adeant saepe laudatum Pouilletum n. 254-262.

893. In hac hypothesi etiam magnetismi tum naturalis, tum artificialis ratio redditur. Corpora namque magnetica, uti sunt ferrum molle, et chalybs, in quo virtus magnetica nondum fuerit excitata, torrentes illos circulum imitantes circa suas elementares particulas habere concipiuntur. Quatuor autem modis horum torrentium actio fieri potest: aut enim 1.° torrentes inordinate per quaslibet directiones moventur, et tunc exterior harum actionum effectus est nullus, quia torrentes in oppositis directionibus agentes se mutuo destruunt: aut 2.° aliqua exterior vis in torrentes agit, et tunc hi vel omnes simul, vel ex parte secundum aliquam directionem ordinate disponuntur, ut actioni vis in ipsos agentis obediant; aut 3.° corpus nullam habet vim coercentem, ut ferrum molle, et tunc quum nulla adsit exterioris vis actio, torrentes opposita ratione inter se agentes in pristinam redeunt confusionem: aut denique 4.° vi coercente corpus praeditum est, ut chalybs; tunc autem torrentes eo ordine semel dispositi, qui ad solenoides efformandos necessarius est, in eodem semper situ persistent, etiamsi interiores caussae adessent, quae ipsos deturbare valerent. Ex his omnibus patet, *vim magneticam in corporibus excitare* (il calamitare) nihil aliud esse, quam *torrentes in magneticis corporibus jam antea existentes dato quodam ordine disponere*. Ubi hi torrentes eadem via diriguntur, poli unam ac eamdem servant directionem; ubi vero torrentes per vias oppositas procedunt, etiam poli in contrariis directionibus sese exhibent.

894. Quamvis haec theoria plurimam veritatis speciem prae se ferat, inficiari tamen nequit eam esse adhuc infirmam: plurimae namque adhuc desiderantur investigationes pro torrentium existentia validioribus argumentis et *directe* demonstranda; pro eorum caussa exploranda; pro discernendis variationibus, quas caloricum, aliaeque naturales caussae in iisdem producunt. Dum autem, ut concludit Pouilletus, has novissimas investigationes expectamus, omnibus aliis praeferenda est haec theoria, quae inter magnetica, et electrica phaenomena ingentem instituit connexionem; quum nulla alia factis naturalibus, quae ejus ope explicari possunt, tam probe respondeat. Equidem aliqui Physici alias hypotheses ab illa D. Ampère nuper exposita plane diversas commenti sunt, ut phaenomena electro-dynamica explicarent: attamen haec est una, quae omnibus palmam proripit, et cui statim magni nominis Physici, ut superius diximus (889), litarunt; ideoque ab aliarum expositione abstinemus.

ARTICULUS QUARTUS

DE INDUCTIONIS ELECTRICAE ATQUE MAGNETICAE PHAENOMENIS.

895. Iam diximus (761), corpora deferentia conductori electrificato admota hujus influentiae subjici, in iisque electricitatem ex illius praesentia *induci*. Idem omnino evenit in corporibus deferentibus ob influentiam fluidi electrici in motu , seu ob influentiam alicujus torrentis electrici. Anno scilicet 1831 omnium primus expertus est Faraday, fila conjunctiva Pilae Voltae, circuitione instituta, ingentem actionem in corpora deferentia exercere, adeo ut quoties haec illis in eo statu constitutis admoveantur , vel ab iisdem removeantur, toties torrentibus quibusdam peculiaribus eadem instructa reperiantur. Hi torrentes , qui in corporibus deferentibus *ex actione vel influentia aliorum torrentium electricorum* cujuscumque naturae excitantur , *torrentes inducti*, *torrentes inductionis*, vel *extra-torrentes (correnti d' induzione, o estracorrenti)* vocari solent. *Torrentes temporaneos* eosdem etiam vocari posse censet Pouilletus, ob eorum brevem durationem ; si vero nomine , quo eorum innuatur origo, eos indicare velimus, *torrentes magneto-electricos*, et *electro-electricos* appellare debemus, quia vel a magnetismo, vel ab electricitate suam originem ducunt. Nos vero vestigiis summorum Physicorum inhaerentes, *inductionis torrentes* eosdem appellabimus.

896. Principium generale , super quod illustris Faraday hanc theoriam superstruxit, et in quo praecipua inductionis phaenomena continentur, hac propositione exprimitur : « Filum metallicum « (vel aliud corpus quodcumque deferens, quod circuitionem in se « redeuntem et clausam efformet), quoties alicujus torrentis actio« nem in quolibet suae superficiei puncto excipit , a *torrente in*« *verso* trajicitur ; ubi haec actio cessat, trajicitur a *torrente dire*« *cto* ; ubi denique hanc actionem ratione *uniformi* experitur, nul« lus in eo torrens apparet, neque aliam sensibilem patitur mo« dificationem ». Ut haec phaenomena demonstraret, sumpsit Faraday filum cupreum 300 pedes longum, illudque serica vitta vel cera hispanica obductum ligneo cylindro circumvolvit : inter spiras hujus inseruit aliud simile filum 203 pedes longum , et similiter substantia insulante obductum , ut inter ea omnis impediretur contactus : deinde unum ex his galvanometro junxit, alterum Pilae. Rebus hoc modo constitutis, circuitionem instituendo , observavit , acum galvanometri sensibiliter ita deviare, ut in eo torrentis existentiam ex alterius torrentis influxu innueret, cujus directio directioni illius contraria erat. Circuitione autem abrupta ,

ejusdem torrentis directio eadem via, ac illa, procedebat; durante autem circuitione nullus torrens inductus observabatur, quamvis Pila fuerit majoris efficaciae. Iisdem experimentis pluries repetitis, intulit, hos torrentes ex inductione gigni vel quum filum, sive corpus deferens filo conjunctivo in directione parallela *admovetur*, vel quum ab eo *removetur*: in hoc posteriore casu torrens inductus *eamdem*, ac torrens inducens, *servat* directionem, in priore vero *contrariam*; adeo ut quo celerius vel tardius unum alio admoveatur, eo magis crescat, vel minuatur phaenomenon; in quietis autem statu cesset omnino.

897. Eadem prorsus phaenomena expertus est, cylindro jam dicto magnetem admovendo, et ab eo removendo. Prioris generis torrentes inducti sunt qui vocari possunt *torrentes electro-electrici*; posterioris vero torrentes *magneto-electrici*. Pilae torrens, vel magnes cylindro admotus, est *corpus inducens*, filum cylindro obvolutum est *corpus inductum*. Hoc phaenomenon est generale; idem enim effectus obtinetur in *corpore inducto* tam ex institutione et abruptione circuitionis electricae, quam magnetem corpori inducto admovendo. Torrentes induci ex magnetis actione sequenti apparatu demonstrari posse ostendit Veronensis Professor Zantedeschi. NS est validus magnes curvus ad modum ferreae soleae equorum (Fig. 156.), et *abc* est cylindrus ex ferro molli eodem modo incurvus, cujus brachiis *a* et *b* filum metallicum pluries ita est obvolutum, ut per torrentis actionem illa poli inimici evadant. Hujus fili extrema ad quamdam a ferro, et a magnete distantiam junguntur; deinde simplex acus magnetica intra circuitionem institutam constituitur. Caute admovendo magnetem NS brachiis *a* et *b*, et eumdem ab iis removendo, acus statim indicat torrentis inversi, vel directi existentiam. Hunc torrentem ita excitatum Faraday *torrentem inductionis magneto-electricae* vocat, ut illum ab *electro-electrico* distinguat, de quo antea loquuti sumus.

898. Hi torrentes *magneto-electrici* omnes Pilae effectus physicos, chemicos, ac physiologicos producunt, nempe scintillam, mercurii palpitationem, aquae decompositionem, succussionem, aliaque id generis phaenomena. Equites Nobili et Antinori primi fuere, qui pro scintilla obtinenda apparatum efformarunt, cui nomen *magnetis electrici* imposuerunt. Constat hoc instrumentum ex magnete artificiali N C S (Fig. 157.) immobiliter fixo super plano ligneo ope annuli aurichalcei *m*: hunc vero magnetem quinque laminae chalybeae constituunt, quarum illa, quae media est, aliquantulum prominet in extremis N, S. Circa punctum *a* ope manubrii *M* movetur anchora AB huic adnexa, quae ex ferro molli est efformata, ut vim magneticam facilius recipere, ac deperdere possit. Ejusdem anchorae (quae polorum N, S latitudinem excedere non debet)

pars D obvoluta est filo cupreo vitta serica obducto, quod quidem in puncto *b* incipit, et in puncto C desinit, ubi cochlea firmatur. Lamellae chalybeae, ubi se se prodit scintilla, sunt duae; harum prima *cd* magneti adhaeret ob annulum aurichalceum *n*, et parvum cylindrum *f* pariter aurichalceum, cujus basis in eodem annulo ope cochleae *g* pariter firmatur; altera vero b' anchorae adhaeret ope cylindri aurichalcei in B positi, et ab ea per parvulum cylindrum eburneum sejuncti. Hinc patet, extremum *b* hujus helicis electro-dynamicae cum polo N communicare per duas lamellas *cd*, *c b'*, et per cylindrum in B situm; aliud extremum autem, postquam anchoram in D obvolvit, tangere centrum C. His positis, si tum, quum anchora AB polis N, S adhaeret, ab eis unico ictu celerrimo separetur, manubrium M tunc movendo, quum laminae *cd*, *c'b'* se invicem tangunt, statim se se prodet scintilla ejusdem formae, ac scintilla electrica. Aliam scintillam etiam conspicies, quum anchora denuo polis admoveatur. Ut autem id concipias, in mentem revocare debes, ferrum molle magneticam vim sibi comparare quum magnetis polos tangit, eamdem vero deperdere quum ab iisdem removetur (720); praeterea id esse magnetis proprium, ut torrentes electricos excitet in helice electro-dynamica, quae ipsi obvolvitur (882). Quum itaque anchora ferri mollis, ubi magnetis polis adhaeret, magnetica evadat, et torrentes excitet in helice sibi obvoluta, cujus extremitates cum polo N, et cum centro C magnetis NCS communicant; sequitur, maximam tensionem hic accumulari; ex quo fit, ut scintillae tunc sese prodant, quum statim ac anchora separatur, torrens cessat; vel quum iterum conjungitur, et torrens iterum nascitur.

899. Reliqua phaenomena sic obtinentur. Si unum ex filis galvanometri conjungatur cum extremitate helicis electro-dynamicae C (Fig. ead.), aliud vero filum ejusdem instrumenti aptetur cylindro ad anchorae verticem B posito, acus galvanometri movetur, ubi anchora a magnete removetur; ubi autem eidem admovetur, acus in situm oppositum vertitur. Pari modo ubi anchora magneti admovetur, vel ab eo removetur, rana interposita inter fila electro-dynamica anchoram obvolventia contractiones patitur; id quod manifeste innuit, torrentes inductionis etiam trans conductores secundarios transmeare. Eadem phaenomena obtinuit Pixii cum suo apparatu, qui non differt ab illo antea memorato, nisi in eo, quod anchora cui spiralis obvolvitur, est immobilis, magnes autem supra suum axem circumvertitur. Hoc apparatu Pixii etiam aquam decomposuit, acida et salia dissolvit, concussionem sensit. Eques Nobili alio apparatu (quem *magnetes conjugatos* ideo appellabat, quia ex duobus magnetibus ad instar ferreae soleae equorum sibi mutuo obversis constat, inter quos oscillat anchora instructa helice electro-dynamica) non modo scintillam obtinuit, verum etiam galva-

nometri deviationem, aquae decompositionem, ranae contractionem, mercurii palpitationem, succussiones in digitis, oculis, lingua, etc.

900. Sed haec omnia phaenomena modo efficaciori ac perfectiori obtinentur ope Machinarum tum Clarkii, tum Newmanni, quae inter se parum differunt. Earum summa huc redit (Fig. 158.). M est magnes ad instar ferreae soleae equorum ex variis aequalibus virgis chalybeis constans, et immobiliter fixus super plano *a d*. E regione polorum ejus adest magnes temporaneus NS duobus cylindris ferri mollis constans, quem filum cupreum serica vitta obductum, et metra circiter 40 longum ambit. Hic cylindrus circumverti potest ope axis *tp*, cui infixus est. Ipse autem axis innititur ex uno sui extremo in *p*, ex altero vero inseritur foramini *o* in sustentaculo *mo* excavato, et motum excipit ope rotae R, et trochleae *n*, per quas funiculus *g* pertransit. In extremitate ejusdem axis *tp* infixa est exilissima rotula cuprea *d*, et annulus *o* in aciem *r* desinens; cum utrisque communicant duo fila magnetis temporanei; his supponitur vasculum ligneum vel cupreum mercurio repletum, bifariam ope septi *c* divisum, inter quas tamen capacitates communicationem instituere potest filum curvum *e*. Dum axis circumvertitur, extrema ora rotulae *d* in mercurio vasculi jugiter manet immersa; index vero *r* ex motu rotationis alterne immergitur, et emergit e mercurio alterius vasculi *v*, cui superimpositus est. Ubi magnetis temporanei brachia a polis magnetis recedunt, in quolibet filo duo torrentes electrici secundum eamdem directionem successive excitantur; unus quidem quia cylindrus *f* a polo N, et *f'* a polo S magnetis removetur; alter autem, quia *f* polo S, et *f'* polo N admovetur. Postquam fila *f* et *f'* e regione polorum fuerint constituta, torrens cessat; sed statim ac *f* a polo S, et *f'* a polo N iterum removentur, et singula polo sibi opposito admoventur, torrentes reviviscunt per duo temporis intervalla successiva, sed *in contraria directione*, et sic deinceps. In hac rotatione, quoties acies *r* e mercurio emergit, apparet scintilla; et quamvis rota R lente circumvertatur, scintillatio erit jugis ac continua.

901. Analysis aquae acido humore perfusae obtinetur, duo brevia fila metallica *c'*, *c''* vasculo *v* in foraminibus *a* et *c'* admovendo, remoto prius filo *e*, quod communicationem inter duas divisiones instituit: tunc enim oxygenium, et hydrogenium seorsim in duobus tubis vitreis colliguntur. Pro concussione obtinenda, adhibentur duo conductores *f* et *f'* ex filo cupreo crassiori, in duos cylindros metallicos desinentes, quos manibus aqua madefactis prehendere oportet. Haec tamen fila cum duobus instrumenti polis communicationem instituant necesse est: ubi rotatio est celerrima, concussio est adeo sensibilis, ut doloris sensum producat. Denique dum

torrens per filum curvum transit, et vivide scintillat, adeo ut aether accendi queat, et aurea bractea comburi, electricismus ruere potest in galvanometri fila in c et n desinentia, et eodem tempore, quo concussionem in artubus gignit, acus etiam deviationem producere. Ita fit ut effectus magnetici, electrici, luminosi, caloritici uno eodemque tempore producantur ex unius ejusdemque magnetis actione.

902. Hic notatu dignissimum est, novissime D. Henly felici cum successu torrentes magneto-electricos ad signa Telegraphorum ope edenda adhibuisse. Hic Angliae Physicus enim Telegraphum electricum ad maximam simplicitatem redegit substituendo Pilis Voltae apparatum magneto-electricum, cujus ope torrentes *ex magnetica inductione* excitantur, unde hujusmodi Telegraphus *Magneto-electricus* vocatur. Duabus distinctis partibus constat, nempe ex circulis duabus acubus instructis, quae signa edunt, ut in Telegrapho Weatstonii duplici acu instructo (875); et ex apparatu magneto-electrico. Acus moventur ex proprietate, quam habent, ex sua directione deviandi, ubi torrentes magnetici in ipsas agunt (897); apparatus magneto-electricus excitandis torrentibus ex inductione (900) inservit, qui torrentes per fila congruenter aptata ex una in aliam stationem propagantur, et motus acuum circuli unius stationis in circulo alterius stationis quam simillime repetunt; unde signa, adeoque verba transmissa colliguntur. Hujus generis Telegraphi omnibus reliquis praestant cum ex multis aliis rationibus, tum vel maxime ex eo quod in his nulla Pila adhiberi debeat, adeoque pro signis eorum ope transmittendis nullae hic occurrant impensae faciendae, quae pro Pilae praeparatione, politura, et conservatione vitari nequeunt (1). Ejus descriptionem, et signorum, quae alphabetum constituunt, expositionem, videsis in Annalibus Majocchi (2).

903. Non solum autem ex magnetis actione hi torrentes excitari possunt, verum etiam ex sola *actione inductiva magnetismi terrestris;* effectus autem, qui in hoc casu obtinentur, *ex torrentibus magneto-telluro-electricis* excitari dicuntur. Primi, qui hos effectus obtinuerunt anno 1844, fuerunt P. Sanctes Linari, et Aloysius Palmieri. Sumpserunt hi duo Physici annulum ellipticum ligneum, cujus axis major longitudinem 1, 2 metr. habebat, axis minor vero longitudinem 0, 9 metr.: hunc annulum filo cupreo serica vitta cooperto ita obduxerunt, ut fere 300 orbes circa illum efformaret; deinde illum ita dispositum, ut ejus axis major meridiani magnetici dire-

(1) Telegraphus electricus, quem inclytus Ferdinandus II. Siciliarum Rex Neapolim inter et Cajetam hoc anno statuendum jussit, et cujus operationes die 31. Julii proxime elapsi inauguravit, ad hunc modum reipsa concinnatus est.

(2) Majocchi, Annali di Fis. e Chim. 2. serie, Tom. 1. pag. 78.

ctioni esset perpendicularis, circa eumdem axem celerrime rotare fecerunt. Apte jungendo fili cuprei extremitates, obtinuerunt succussiones, chemicas decompositiones, scintillam etc. Sed haec satis (1). Illud unum hic alta mente reponendum ducimus, in omnibus casibus supradictis *torrentes inductionis fieri in instanti*, et *contrariam directionem habere* in duobus temporis momentis, in quibus efformantur, *in principio* scilicet, et *in fine actionis*; denique *directionem torrentis inducti in actionis principio* semper *contrariam esse ei, quam habet torrens inductionem producens*.

ARTICULUS V.

DE VARIIS TORRENTIUM ELECTRICORUM CAUSSIS.

904. Quum ex dictis (836) constet, torrentes electricos semper locum habere, quoties inter polum positivum, et negativum Pilae instituitur *circuitio;* patet idcirco, quaslibet caussas quae electricum evolvere valent, etiam torrentes producere posse: quum enim electricitatis positivae, et negativae enodatio eodem tempore fiat, ambae vero in statu libero se iuvicem petant; quoties haec combinatio locum habet, toties torrens gignitur. Quatuor autem sunt torrentium electricorum caussae praecipuae, quae hucusque innotescunt; *actiones* nempe *mechanicae*, *actiones physicae*, *actiones chemicae*, *et actiones physiologicae*. De his pauca quatuor in paragraphis dicamus.

§. I. *De actionibus mechanicis.*

905. *Actiones mechanicae*, a quibus torrentes electrici produci possunt, ad tres rediguntur, ad *perfricationem* nempe, ad *pressionem* et ad *sejunctionem*, quae ab invicem distingui possunt ratione electricitatis, quam evolvunt. *Perfricatio* diversimode fieri potest; in Machinis electricis usitatioribus ita peragitur, ut vividiores effectus habeantur. Ubi electricitatem in torrentem redigere cupias, quin in Machinae conductoribus accumuletur, filum quoddam imponas oportet, quod communicationem inter conductorem et pulvillos instituat, seu inter conductorem et commune receptaculum; tunc enim filum istud a torrente trajicietur non secus ac si esset Pilae reophorum, et in acum magneticam agere incipiet. Ejus tamen actio, si cum torrentibus a Pila excitatis comparetur, est admodum debilis; nam Machina ingentis efficaciae, quae celeres, et rutilantes scintillas satis longas emittit, torrentem adeo debilem gignit, ut

(1) Matteucci Lez. LXI, et LXII.

ejus existentia nonnisi exquisitissimo galvanometro sensibus percipi possit. Cujus rei non alia potest esse caussa, nisi quod fluidi electrici transmissio et circuitio in Pila celeriter, et fere uno temporis momento absolvatur, dum perfricatio in Machina segnius, ac remissius fluidum ipsum evolvat.

906. Simplex *pressio* in corporum particulas quamdam exercet actionem mechanicam, quae licet a perfricatione differat, ita tamen est comparata, ut hujus discriminis characteres assignari nequeant. Hac pressione electricitatem evolvi diximus (811); adeoque probabile est etiam hac via torrentes generari posse, si exilissimi disci ad invicem premerentur, postquam laminis metallicis in extremis partibus fili cujusdam galvanometri aptatis fuerint adglutinati.

907. *Sejunctio* fieri potest in iis corporibus, quorum particulae in tenues lamellas sunt conformatae, uti sunt lapis specularis, mica, sulphas calcis, topazius, etc. (813). Si ad oppositas facies alicujus tenuis laminae horum corporum duo manubria insulantia adglutinentur, ac deinde ab invicem distrahantur, lamina in duas partes dividetur, quarum una electricitate positiva, altera electricitate negativa reperietur instructa, ut ibidem diximus; quum autem haec electricitas sit admodum debilis, nullus obtinetur torrens, qui sensibus percipi valeat.

§. II. *De actionibus physicis.*

908. *Actiones physicae*, quae electricitatem evolvere possunt, sunt *actio magnetismi*, atque *electricitatis*, de quibus hucusque sermonem instituimus, et *actio calorici*. His omnibus D. Becquerell etiam *actiones capillares* adjungit; sed experimenta, quae in medium profert, nec numero, nec rationum pondere ejus sententiam firmiter constabilire valent. Praestat itaque in una *calorici actione* hic aliquantulum immorari.

909. Caloricum non modo in *turmalinam*, aliasque crystallos suam exerit actionem in electricitate excitanda, ut diximus (812); sed agit etiam in corpora deferentia, ac praecipue in metalla, in quibus torrentes plus minusve validos excitat, ut primus omnium anno 1821 detexit D. Seebek Berolinensis. Hi torrentes, qui (ut eorum innuatur origo) *thermo-electrici* dicuntur, partem essentialem *electro-magnetismi* hodie constituunt. Observavit equidem hic Physicus, duo diversa metalla, vel etiam duas partes homogeneas ejusdem metalli, uti sunt duo alicujus fili metallici extrema, ubi circuitionem in se redeuntem et perfecte clausam efficiant, si diverso gradu calefiant, torrentem electricum gignere. Haec temperaturae differentia pro electricitate evolvenda in diversis metallis est diversa; in platino, ex. gr., major est, quam in cupro. Si ex filo cupreo, cujus

diameter sit unius lineae pars dimidia, circulum conficias, ejus extrema diverso gradu calefacta cum filis galvanometri conjungendo, torrentem electricitatis jugem ac perpetuum obtinebis, magis vel minus intensum pro diverso calefactionis gradu, qui ab extremo frigido per galvanometrum transiens ad calidum dirigitur, unde ad extremum frigidum iterum pertransit, et circuitionem conficit.

910. D. Seebek metalla heterogenea diverso gradu calefacta inter se ita connexit, atque adferruminavit, ut circulum ex omni parte clausum efformarent. Hujus generis apparatus efficaciores, qui *Pilae* seu *circuitiones thermo-electricae* (*Pile o circuiti termo-elettrici*) vocantur, ex antimonio, et bismuthio ut plurimum fieri solent; quamvis alia etiam metalla utiliter adhiberi possint. Earum formam inspicias in Fig. 159. Lamina cuprea *c d e f* ita incurvatur, ut tria rectanguli latera efficiat: *ss'* est cylindrus bismuthi vel antimonii, qui quartum rectanguli latus efficit: habetur hoc modo circuitio metallica, in qua duae adsunt ferrumiuationes: *a b* est acus magnetica in suo stylo ad perfectum aequilibrium composita. Apparatus sic constitutus in meridiani magnetici directione disponitur. Donec duae ferruminationes eamdem servant temperaturam, nullum observatur phaenomenum; sed statim ac ferruminatio inferior *s* lumine lucernae calefit, acus magis, vel minus declinare incipit pro diverso calefactionis gradu; et in hac deviatione perdurat, donec in duabus ferruminationibus temperaturae differentia adest: si vero eadem ferruminatio refrigeretur, acus ad suam pristinam positionem redibit. Patet idcirco, ex unius ferruminationis calefactione torrentem electricum in hac circuitione gigni, ejusque directionem ita esse comparatam, ut respectu ferruminationis calefactae cuprum electricitate positiva imbuatur, bismuthum autem electricitate negativa. Idem effectus obtinebitur, si nix supra ferruminationem *s'* imponatur : dubitari igitur nequit, quin hujus phaenomeni caussa in differentia temperaturae duarum ferruminationum reponenda sit. Contraria omnia evenient, si ferruminatio superior *s'* calefiat, vel nix ferruminationi inferiori *s* aptetur. Si loco simplicis acus, *acus astatica* adhibeatur, ut in Fig. 160 (in qua acus superior per fissuram in lamina *sf* existentem in apparatum immittitur), declinatio magis perspicua erit.

911. Eadem phaenomena obtinebuntur, adhibendo duo alia cujuscumque speciei metalla in ejusmodi circuitione conficienda; unde generaliter statui potest : *Quaelibet circuitio in se rediens et perfecte clausa, quae ex duobus diversis metallis conficitur, semper a torrente electrico trajicitur, quoties in duobus conjunctionis punctis, seu in punctis ubi duo metalla se invicem tangunt, temperatura est diversa.* Inter omnia tamen metalla *bismuthum* et *antimonium* majori cum efficacia hos torrentes gignunt, sive ubi inter se, sive ubi cum *cupro*, vel

reliquis metallis conjunguntur. Si, ex. gr., sumas bismuthi vel antimonii frustum, illudque duobus galvanometri filis tangas, et interim digitum uni ex his contacti punctis apprimas, videbis galvanometri acum extemplo a sua aequilibrii positione deviare; id quod torrentis existentiam aperte demonstrat.

912. Hic autem addendum, in his circuitionibus conficiendis unicum etiam metallum homogeneum, ut diximus (909), adhiberi posse, dummodo prope ferruminationem calefiat: ex hac enim inaequali calorici transmissione fluidum electricum naturale decomponitur, et duos oppositos torrentes gignit, qui a puncto calefacto incipientes circuitionem absolvunt. Id adeo verum est, ut si duae extremitates alicujus fili ex platino vel ex alio metallo in spiris convolvantur, quarum alterutra calefiat, ac deinde aptetur spirae alterius extremitatis, quae frigida est, torrens observabitur, qui a spira calida ad frigidam procedit in aliquibus, uti sunt *bismuthum*, *aurum*, *argentum*, *platinum*; et viceversa, a frigida ad calidam in metallis, quae oxydationis sunt capacia, uti sunt *zincum*, *ferrum*, *antimonium*, etc.

913. Torrentes thermo-electrici haud facile transmittuntur trans liquida; atque hoc indicio praecipue discriminantur a torrentibus electro-galvanicis, seu magneto-electricis, quamvis super eodem conductore moveantur. Et re quidem vera, torrens thermo-electricus maximae intensitatis, ubi circuitio abrumpatur, et extremitates apparatus ab invicem sejunctae, etiam laminis metallicis instructae, seorsim immergantur in idem vas aqua acida plenum, nonnisi tenuissimam actionem in galvanometrum edit: quinimo si aquae stratum alicujus notabilis crassitiei inter apparatus extremitates injectum fuerit, nullum aderit torrentis iudicium. Hinc torrentes, qui per Pilas consuetas obtinentur, in quibus unum vel duo liquida semper adhiberi solent, *torrentes hydro-electrici* etiam vocantur, ut a torrentibus *thermo-electricis* distinguantur, qui a calorico suam ducunt originem.

914. Torrentes thermo-electrici, ob constantem rationem, quam in suis circuitionibus servant, opportunitatem praebuerunt Physicis et praecipue D[no] Pouillet, ut ope cujusdam apparatus *capacitatem electricitatis conducendae*, qua diversa corpora pollent, explorarent. Invenit hic Physicus, praecipuorum metallorum *conducibilitatem*, si cum mercurio conferantur, cujus conducibilitas n. 100 exprimitur, esse ut sequens tabula innuit:

Mercurius.	100
Ferrum	a 600 ad 700
Chalybs	a 500 ad 800
Aurichalcum . . .	a 200 ad 900
Platinum	850

Cuprum	3800
Aurum	3900
Argentum.	5200
Palladium.	5800

Vide Pouillet (1).

915. In n. 910 Pilam thermo-electricam unius elementi descripsimus. Sed diverso alio modo hi apparatus construuntur, ut efficaciores reddantur. Ex virgis, vel laminis autimonii et bismuthi, vel bismuthi et cupri invicem adferruminatis, quarum longitudo 10 vel 12 lineas non excedat, conficitur polygonum vel rectangulum (Fig. 160.), cujus latera opposita *a c* et *b d* sunt ex bismutho, latera vero *a b* et *c d* ex antimonio vel cupro; vel rectangulum ex octo virgis, quatuor ex antimonio *a, a, a, a*, et quatuor ex bismutho *b, b, b, b*, vel ex cupro *c, c, c, c*, invicem alterne adferruminatis (Fig.161). Hi apparatus sustentaculo aliquo imponuntur, et modo supradicto (910) ex iis ferruminationibus alternatim aliae calefiunt, aliae vero refrigerantur. Eorum effectus sunt diversi pro diverso elementorum numero, dispositione, et natura; nec non pro circuitionis longitudine: quum autem ex observationibus D^ni^ Fourier, et Pouillet compertum sit, torrentis thermo-electrici intensitatem augeri, prout elementorum numerus vel diameter augetur, eadem longitudine manente; minui autem, ubi longitudo augeatur; liquido inferri posse videtur, *thermo-electricae circuitionis intensitatem esse in ratione composita ex directa numeri, vel diametri elementorum in eadem directione agentium, et inversa longitudinis.* Sic calefaciendo successive ferruminationes 0, 2, 4, 6, intensitas evadit 1, 2, 3, 4. Idem effectus obtinetur, ubi Pilae circuitio ita instituitur, ut torrens thermo-electricus per galvanometri fila pertranseat. Hinc merito statuere possumus, in ejusmodi Pilis *tensionem esse proportionalem numero elementorum in eadem directione agentium*. Vide Pouillet (2).

916. Praeter acus magneticae deviationem (910), alios etiam effectus torrentes thermo-electrici producunt. Illustris Volta jam tum, quum suam theoriam invexit, observaverat, ranae nervos contrahi ope unius etiam metalli inaequaliter calefacti, quem effectum inaequali metalli temperaturae ille assignavit. Eques Antinori, et postea P. Sanctes Linari Scholarum Piarum anno 1836 a Pila thermo-electrica scintillam omnium primi obtinuerunt, quae tum extricabatur, quum circuitio jam clausa per longam spiram metallicam circa ferri mollis virgam circumvolutam aperiebatur. Idem P. Linari ope ejusdem Pilae analysim chemicam peregit, aquam nem-

(1) Pouillet, Phys. loc. cit. n. 285.
(2) Pouillet, loc. cit. n. 282.

pe, et argenti nitratum decomposuit; mercurii palpitationem observavit, et in acubus chalybeis magnetismum excitavit. Patet proinde, torrentes thermo-electricos ab aliis electricis torrentibus nulla ratione differre, quum eosdem omnino producant effectus.

917. Becquerellus, ut intensioris calorici gradus dimetiretur, *thermometrum thermo-electricum* efformavit ex filis platini et palladii invicem communicantibus ope reophori multiplicatoris. Pouilletus usus circuitione thermo-electrica, quae ex ferri mollis tubo, et duobus platini filis constabat, *Pyrometrum magneticum* confecit (1). L. Nobili aliud thermometrum thermo electricum finxit ex multis elementis bismuthi et antimonii alterne ita adferruminatis, ut polygonum exhiberent; hoc tamen polygonum abruptum erat, ut circuitio a galvanometri filo absolveretur. Statim ac aliqua ex ferruminationibus hujus apparatus vel leviter calefiebat, acus galvanometri deviationem patiebatur. Denique M. Melloni Pilae thermo-electricae maximam attulit perfectionem, et apparatum numeris omnibus absolutum, quem *thermo-multiplicatorem* appellat, confecit, cujus ope exquisitissimas suas de Calorico radiante investigationes mirabili assiduitate et solertia prosequitur, ac praeclarissimis inventis hanc Physicae partem locupletare non desinit.

§. III. *De actionibus chemicis electricitatem evolventibus.*

918. Ex omnibus mediis, quibus in electricitate e corporibus evolvenda utitur natura, primum ac praecipuum sunt *actiones chemicae.* Iam a saeculo proxime elapso (1782) illustris Volta omnium primus Condensatoris ope demonstravit in Gallia coram Dnis Lavoisier et Laplace, et in Anglia coram Dnis Bennet, Cavallo, Walker etc., in omnibus chemicis combinationibus semper electricitatem evolvi; sed nonnisi paucis ab hinc annis apud omnes Physicos tanquam principium indubium constat, *materiae elementa nullatenus chemice componi vel dissolvi posse, quin electricitatis enodatio fiat.* Quoniam vero actiones chemicae sunt variae et multiplices, ne longiores simus quam Instituti ratio sinit, hic de electricitatis torrente, qui per combustionem, et per acidorum in metalla vel in bases actionem evolvitur, breviter loquemur, ut vera Pilae theoria dignosci possit.

919. Pouilletus Voltae experimenta repetens, et multa varietate tractans, observavit, *carbonem* dum comburitur, *negativae electricitatis indicia* praebere; acidum vero *carbonicum*, quod ex combustione evolvitur, et superne extollitur, *electricitatis positivae* signa edere. Methodum, qua utriusque electricitatis speciem collegit, in

(1) Pouillet, loc. cit. n. 288.

ejus Physica(1)legere poteris. Idem Pouilletus, et post eum Peltier, omnesque alii Physici observarunt, oxygenium et hydrogenium in statu naturali, dum inter se combinantur, semper electricitatem edere, *oxygenium* quidem *electricitatem positivam*, *hydrogenium* vero *electricitatem negativam*. Idem in oxygenii combinatione cum aliis quibuscumque corporibus combustibilibus observarunt; unde jure merito sequens principium tanquam indubium statuerunt. *Quoties oxygenium cum alio quovis corpore combinatur, toties electricitas hac ratione evolvitur, ut oxygenium electricitatem positivam emittat, et corpus combustibile electricitatem negativam*. In aquae decompositione, ubi duo ejus elementa separantur, oxygenium semper ad polum positivum, hydrogenium vero ad polum negativum ferri videmus(854); id quod innuit, haec duo aquae elementa, ut in libertatem redigantur, eas electricitatis quantitates, quas in suae combinationis actu extricarunt, iterum recipere debere. Hae quantitates constantes sunt; nam vidimus (855) quod si plura voltametra in eadem circuitione electrica successive disponantur, eadem semper gas oxygenii quantitas in polo positivo, eademque gas hydrogenii quantitas in polo negativo colligitur, etiamsi aqua acidis diversae naturae, vel diverso gradu eodem acido fuerit perfusa. Hinc manifeste colligitur, electricitatis quantitates, quae in elementorum combinatione evolvuntur, servare inter se rationem constantem; earumque valorem facile posse determinari. Oxygenium vocari solet *electro-negativum*, eo quod semper in *polo positivo* colligitur; hydrogenium autem dicitur *electro-positivum*, quia in *polo negativo* accumulatur. Corpora electro-negativa igitur sunt ea omnia, quae in suae combinationis actu electricitatem positivam emiserunt; adeoque electricitate positiva indigent, ut libera evadant, dum a corpore composito, in quod ingrediuntur, chemice separari debent.

920. Quod de aquae decompositione diximus, etiam de oxydis metallicis, seu de corporibus, in quibus oxygenium et aliquod metallum in combinationis statu existunt, dici potest (857); omnia haec scilicet ope torrentis electrici resolvi possunt. Generatim loquendo, decompositio electro-chemica non fit, nisi in statu liquido. Oxydum plumbi, oxydum bismuthi, quae in statu solido per torrentem resolvi nequeunt, resolvuntur in fusionis statu: tunc autem *metallum* seu *basis in polo negativo*, *oxygenium in polo positivo* ea prorsus quantitate accumulatur, quae necessaria est ad oxydi quantitatem efformandam, quae ante decompositionem existebat; in omnibusque his operationibus semper electricitatis enodatio adest. Filum, seu corpus in polo positivo existens, ad quod oxygenium, chlorum, et generatim omnia acida tendunt, vocari solet *a-*

(1) Pouillet, Phys. loc. cit. p. 270.

nodum(1); illud vero, ad quod tendunt hydrogenium, corpora combustibilia, metalla, et alcalia, dici solet *catodum* (2); ambo autem simul sumpta vocantur *electroda*. Idem de reliquis compositis ibidem (857) observavimus. Acidum hydro-chloricum, hydro-iodicum, hydro-bromicum etc., quae non sunt nisi combinationes hydrogenii cum chloro, cum jodio, et bromio, pari ratione per torrentem electricum ita resolvuntur, ut chlorum, iodium, et bromium in anodo, seu in polo positivo, hydrogenium vero in catodo, seu in polo negativo colligatur. Iidem prorsus effectus obtinentur ex acidi cujusque in alcalia, et in sales actione, ut ipsis Chemicae tyronibus hodie comperta res est. Hinc generatim inferri potest, *in omnibus his decompositionibus*, quae in infinitum variare possunt, *elementorum quantitates quae seorsim in duobus electrodis colliguntur, eam inter se rationem servare, ut si iterum combinentur, prioris compositi quantitatem iterum valeant exacte efformare.*

921. Quod si eodem tempore decompositio, et compositio fiat; si nempe polus positivus voltametri non ex platini filo, verum ex lamina zinci amalgama obducti constet; videbis hanc laminam ex actione aquae acido sulphurico perfusae nullimode infici. In hoc casu oxygenium minime extricatur, sed in polo positivo oxydum zinci efformat, quod statim cum acido sulphurico circumjacente combinatur; adeoque hic aquae decompositio, et zinci oxydatio eodem tempore fiunt. In hac operatione electricitatis enodatio sequenti ratione concipi potest. Hydrogenii elementum evolvitur in polo negativo, ubi eamdem fluidi electrici negativi quantitatem, cujus eget, resumit. Oxygenii elementum, in sua cum zinci elemento combinatione, electrificatum, ut par est, suum statum servat; at zinci elementum, dum oxydatur, parem electricitatis negativae quantitatem destruit. Zinci elementum igitur hic in elementi oxygenii locum dumtaxat sufficitur, ut in polo positivo parem electricitatis positivae quantitatem destruat, quam idem oxygenium, ut libere evolveretur, destruere debuisset.

922. His positis, opportuna hic se prodit occasio Pilae theoriam consueta brevitate exponendi. Diximus enim (827) maxima contentione nostris hisce diebus quaesitum fuisse, num in Pila electricitas *simplici contactu* excitetur, an vero *ex chemica actione* suam ducat originem; num scilicet vis electro-motrix evolvatur ex actione duorum heterogeneorum metallorum, cupri nempe et zinci se mutuo contingentium, adeoque liquidum inter singula elementa interpositum simplicis conductoris vices gerat; an vero juxta re–

(1) Ab *ανα supra*, et ὁδος, *iter*: quia super illud torrens electricus suum iter incipit.

(2) A *κατα*, *secundum*, et ὁδος, quia per illud torrens electricus in sua circuitione egreditur.

centiorum mentem vis electro-motrix oriatur ex affinitate substantiae liquidae cum metallo, quod ejus actionem magis excipit, nempe cum zinco, adeoque aliud metallum, cuprum scilicet, conductoris vice fungatur. Hinc pro explicandis omnibus Pilae phaenomenis, duae exortae sunt theoriae, *contactus* nempe, et *actionis chemicae*; et duas in partes scinduntur Physici: Pfaffius, Ohmius, Poggendorfius, Marianini, Zamboni, Ioseph Belli, Peclet, aliique in Germania, in Gallia, et in nostra Italia *contactus theoriam* a Volta statutam acriter ac strenue adhuc propugnant; alii vero, quorum agmen ducunt August. de la Rive, Faraday, et Matteucci, magno experimentorum numero, et rationum pondere *actionis chemicae theoriam* defendunt. Quid itaque in tanta controversia dicendum? Nobis videtur satius esse cum cordatioribus Physicis asserere, electrica Pilae phaenomena ut plurimum a chemica actione procedere; sed in aliquibus circumstantiis eadem nonnisi a mutuo heterogeneorum contactu originem ducere (1): quidquid enim in contrarium ab actionis chemicae propugnatoribus afferatur, ut Voltae hypothesi bellum indicant, negari nequit thermo-electricismi phaenomena ab actionibus chemicis nullatenus pendere; et torrentes electricos, qui ex perfricatione, sejunctione, pressione, etc., ut superius vidimus (905), excitantur, nequidem huic caussae tribui posse. Quum autem omnes Pilae recentiores, in quibus duae substantiae liquidae adhibentur (828, et seq.), huic theoriae chemicae innitantur; quumque Voltae theoriam alibi exposuerimus (821), opportunum ducimus etiam Pilae theoriam chemicam, juxta recentiorum Physicorum mentem et ipsissimis Pouilleti verbis, breviter exponere.

923. In vase *abcd* (Fig. 163.) continetur aqua, in qua $\frac{1}{10}$ vel $\frac{1}{20}$ acidi sulphurici pars dissoluta est. In hanc ad aliquam inter se distantiam e regione immerguntur duae laminae, una ex platino *p*, alia ex zinco *z* amalgama obducto, in quarum superioribus extremitatibus duo fila cuprea, quorum ope circuitio institui potest, adnexa sunt, ut exhibet Figura. Donec circuitio non instituitur, nullus actioni chemicae locus est; instituta autem circuitione, statim circa platini laminam observatur gas hydrogenii rapida extricatio, quae cessat et iterum incipit, prout circuitio abrumpitur vel iterum instituitur. Patet idcirco hic aquae decompositionem operari; et ita quidem,

(1) Haec est tutior sententia, adeo ut ipsemet Matteucci theoriae chemicae propugnator acerrimus suam Lectionem XLVIII, in qua Voltae theoriam plurimis argumentis impugnat, ita concludere non dubitet; « Attenghiamoci adunque alla sola « scorta dei fatti, e concludiamo: 1.° che i fenomeni elettrici della coppia voltiana « e della pila sono dovuti alla sola azione chimica esercitata nelle condizioni già espo- « ste; 2.° che in qualche circostanza il solo contatto di due metalli eterogenei può svi- « luppare elettricità ».

ut hydrogenium libere extricetur, oxygenium autem cum zinco combinetur, et oxydum zinci efformet, quod statim cum acido sulphurico combinatur. Eodem tempore torrens electricus circuitionem trajicit; id quod evidenter perspici potest acum magneticam reophoris admovendo. Duo phaenomena simul et semel hic adsunt, actio chemica, et torrentis electrici generatio : haec duo phaenomena insignem conspicuamque inter se connexionem habent; nam prout fila ad circuitionem instituendam adhibita breviora sunt, hydrogenium celerius enodatur, tardius vero ubi fila longiora adhibentur. Si hoc experimentum pluries eodem modo repetatur, et hydrogenium in diversis his circuitionibus enodatum accurate colligatur, observabitur idem semper temporis intervallum impendi debere pro colligendis aequalibus hujus fluidi voluminibus, posita eadem torrentis intensitate. Quocirca, sive hydrogenii enodatio celeriter fiat, sive lente procedat, idem chemicus effectus semper eidem electricitatis enodationi exacte respondet : dubitari igitur nequit, quin torrens electricus ab iisdem actionibus chemicis semper producatur.

924. At undenam torrens electricus suam repetit originem? ex aquae decompositione, an ex oxydatione zinci? Responsio patet ex dictis. Haec duo phaenomena seorsim spectari non debent; torrentis enim electricitas non est summa quantitatum electricitatis, quae ab aquae decompositione et zinci oxydatione seorsim producuntur; verum ab iis simul producitur; nam eadem fluidi electrici quantitas obtineretur vel ex sola decompositione aquei voluminis datae quantitatis, cujus duo elementa in libertatem redigerentur, vel ex oxydatione aequalis quantitatis zinci, quod cum oxygenio libero oxydaretur. At in hac operatione oxygenium ex una combinatione egrediens in aliam ingreditur; ejus status electricus perdurat, et nihil aliud hic considerari debet, nisi electricitas elementorum quae suam conditionem immutant; nempe data hydrogenii quantitas, quae evolvitur ac parem electricitatis positivae quantitatem deperdit, et data zinci quantitas, quae oxydatur et parem electricitatis negativae quantitatem amittit. Statim ac circuitio instituitur, chemica adfinitas incipit; electricitas negativa, quam zincum amittit, et electricitas positiva ab oxygenio deperdita, successive et suo ordine in tota circuitionis extensione recomponuntur; inde oritur torrentis directio; evenitque, ut lamina ex zinco ejusque reophorum elementi polum negativum extra liquidum constituant, lamina vero ex platino ejusque filum constituant polum negativum. Ubi plura ex his elementis ad Pilam efformandam simul consocientur, pro majori elementorum numero Pilae tensio magis augetur, quia quum eadem phaenomena in singulis elementis producantur, singulorum effectus etiam cumulantur.

925. Pilae elementum, de quo nuper loquuti sumus, *D^{ni} Smée elementum* vocatur. Si pro platini lamina cupream laminam adhibeas, et in locum zinci amalgama obducti zincum commune sufficias, Pilam Voltae (quae sub diversis formis (824 et seq.) construi potest) obtinebis. Idem sub dato respectu de Pilis, in quibus duo liquida adhibentur, dici potest. In Pila D^{ni} Bunsen, ex. gr., cylindrus ex creta porosa duplex officium exercet; impedit scilicet duorum liquidorum commixtionem, at sinit ut se mutuo in cretae poris tangant, et actio chemica inter ea locum habeat. Cylindrus ex carbone vices fungit simplicis conductoris, qui liquidum immediate tangit. Aqua decomponitur, zincum oxydatur, et zinci sulphas producitur; hydrogenium, quod ex aquae decompositione evolvitur, successive ad carbonem pertingit, ibique quin evolvatur, acidum nitricum suo oxydo exuit, diversaque producta efformat: inde evenit, ut in Pila hujusmodi *polus negativus* sit in *lamina ex zinco*, *polus* vero *positivus* sit in *cylindro ex carbone*. D^{nus} Archereau in Gallia Pilam DD. Grove et Bunsen hoc modo feliciter variavit. Ad vasis vitrei collum (829) adnexa est lamina circularis ex zinco, quae innatat in acido sulphurico eodem in vase existente. In hoc eodem liquido acido ad vasis centrum existit tubus ex creta porosa, qui ad datam altitudinem acido azotico seu nitrico impletur. Gas hydrogenium, quod ex reactione acidi sulphurici supra zincum efformatur, per tubi cretacei poros pertransit, et suam reactionem exercet super acidum azoticum, quod in sua elementa resolvit, efformando aquam et gas hypo-azoticum. Haec duplex reactio ingentem electricitatis quantitatem evolvit. Ut electricitas hoc modo orta foras propellatur, et circuitio instituatur, laminae ex zinco aptatur conductor metallicus, qui unum ex Pilae polis constituit, et in acidum azoticum immergitur cylindrus ex carbone fossili purificato, qui electricitatem optime conducit, et cum filo metallico alterum polum exhibente conjungitur. Pari modo in Pila D^{ni} Daniell (828) cylindrus porosus aqua acido sulphurico diluta est repletus, in quam lamina ex zinco immergitur; ipse autem cylindrus immersus est in aqua vasis cuprei, in qua sulphas cupri ad saturationem dissolutum est. In hac Pila zincum eosdem experitur effectus; hinc est polus *negativus*; hydrogenium ubi ad cuprum pertingit, in sulphatis cuprei contactu non extricatur, sed cupri locum occupat; hoc autem quum liberum evadat, polo positivo electricitatem positivam cedit, quam ab hydrogenio hic recepisset.

926. Ex eo quod per torrentis electrici actionem corpora composita ita decomponuntur, ut corpora combustibilia, metalla, alcalia etc. semper in polo negativo colligantur (837, et 920), nova ars

originem duxit, quae *galvanoplastica* (1) appellatur ; quaeque in eo consistit, ut torrentis electrici ope metallum in aliquo liquido solutum ita super datum aliquod objectum deponatur, ut in hujus superficie obtineatur stratum quoddam continuum, sed illi minime adhaerens, quod ejusdem objecti imaginem simillimam referat. Hae metallicae effigies duplici modo fieri possunt; vel enim objectum, super quod fit metalli depositio, seu typus, est caelaturis inaequalibus excavatus, et tunc imagines erunt *anaglypticae*, seu superficie typi eminentiores ; vel typi caelaturae sunt eminentes , et tunc imagines metallicae erunt *diaglypticae*, seu depressiores superficie typi. Iam celebris Volta anno 1801 statim post Pilae inventionem observaverat, dissolutionem salium metallicorum torrentis ope ita fieri, ut metallum semper in polo negativo colligatur. Aloysius Brugnatelli Voltae discipulus eodem anno argentum etiam ope Pilae inauravit; anno 1825 Marianini Mutinensis Professor observavit nummum vel laminam auream aut argenteam in solutione vitrioli caerulei (deuto-solfato di rame) immersam crusta cuprea post aliquot horarum intervallum ex torrentis electrici actione obduci. L. Nobili idem observasse enunciavit anno 1834 in Dissertationibus hac de re editis : sed fatendum, hujus facti utilissimam applicationem ad galvanoplasticam omnes hos Physicos fugisse. Primi, qui id animadverterunt, fuerunt duo Physici in oppositis Europae extremitatibus constituti, quorum uterque alterius studia, operationesque ignorabat, nempe D^nus Thomas Spencer in Anglia, et Dr Iacobi in Russia, qui eodem anno 1837 galvano-plasticae principia essentialia , anno vero 1839 omnes exquisitiores ejus applicationes detexerunt. Hujus inventionis historiam legas in subjecta nota (1).

(1) A πλάσσω, *efformo.*

(2) Verso la fine di Settembre 1837 un giovine Fisico Inglese, il Signor Tomaso Spencer, si occupava a Liverpool a ripetere e verificare le belle sperienze del Signor Becquerel sulla formazione artificiale delle specie minerali per mezzo delle correnti elettriche di una debole intensità... egli agiva con una sola coppia voltaica formata da un disco di rame unita per mezzo di un filo metallico ad un disco di zinco. L'elemento rame pescava in una dissoluzione di solfato di rame, l'elemento zinco in una dissoluzione di sale marino ; le due dissoluzioni contenute in vase di argilla erano separate l'una dall'altra mediante un diaframma poroso di gesso. Quest' apparato costruito da Becquerel per produrre una corrente elettrica debole e continua è una Pila di Volta ridotta alla sua più semplice espressione. Il filo di rame che riuniva i due metalli era verniciato con ceralacca. Or avvenne, che nel ricovrire questo filo colla detta cera, ne caddero alcune gocce sul disco di rame e vi rimasero aderenti; talmente che allorquando il piccolo apparato fu messo in azione , il rame ridotto venendosi a depositare sull' elemento negativo si arrestò sugli orli delle piccole gocce di cera cadute sulla detta piastra : il metallo precipitato aveva d' altronde lo splendore , la coerenza e tutte le proprietà del rame che si ottiene dalla fusione. Allora il Signor Spencer prese una piastra di rame, e la coprì con una vernice resinosa; su questa vernice incavò delle lettere con un bulino, e sottopose la lamina di rame in tal modo preparata all' azione di una corrente voltaica. Il risultamento fu quale egli l' aveva preveduto ; trovò che il metallo ridotto aveva riempiuto tutti gl' incavi fatti sulla vernice, ed aveva formato dei veri caratteri tipografici di rame. Il Signor Spencer

927. Duplicis generis est apparatus, qui in hac operatione conficienda adhibetur, *simplex* scilicet, et *compositus.* Quum enim duo in

giunse a dare a questo procedimento la conveniente regolarità e precisinne a segno tale, che una piastra di rame ricoverta di questi caratteri in rilievo potè essere sottoposta ad un torchio di tipografia. Nel 1838 le pruove ottenute sulla carta con questi caratteri di origine elettrica furono distribuite nel pubblico... Ma un altro accidente gli fece intravvedere la sua scoverta sotto un nuovo aspetto. Un giorno, bisognandogli una piastra di rame per formare una delle sue piccole coppie voltaiche, prese una moneta che con un filo metallico riunì ad un dischetto di zinco: la coppia fu disposta secondo il solito, e la riduzione del metallo cominciò ad operarsi. Ma siccome, passate alcune ore, l' esperienza non camminava secondo i suoi desiderii, egli smontò l' apparato, e si mise a strappare i pezzi del rame ridotto che ricuoprivano il polo negativo.

Rimase allora molto sorpreso al vedere tutti gli accidenti e tutte le particolarità della moneta riprodotti su questi frammenti di rame con una straordinaria fedeltà; allora egli ripetè la stessa esperienza facendo uso di una medaglia di rame i cui rilievi fossero più pronunziati; e dopo l'operazione li trovò tutti riprodotti con una meravigliosa fedeltà sulla contropruova voltaica. Dopo una tale esperienza la galvanoplastica era già inventata; nei primi mesi del 1838 le monete e le medaglie ottenute in tal guisa erano cose comuni in Liverpool...

Mentre una tale scoverta compivasi a Liverpool, il Dr. Iacobi in Russia era condotto per un' altra via a risultamenti quasi identici. Questi nel Febbrajo 1837 in Dorpral scovrì il fatto capitale, che divenne l' origine di tutti i suoi travagli sull'elettrochimica — Egli trovò impressa sur una foglia metallica alcune tracce microscopiche di rame col più regolare disegno; e ricercando il modo di formazione di tali impronte, e procurando di riprodurle egli scovrì il fatto della plasticità del rame ottenuto mediante la pila. Egli sottopose all' azione delle correnti elettriche alcune piastre di metallo sulle quali aveva col bulino inciso dei caratteri e delle figure: la decomposizione del solfato di rame diede origine ai depositi di rame, che offrivano in rilievo l' impronta esatta del disegno incavato nell' originale; e così impiegando alcune pile di debole intensità ed a corrente continua, giunse ad ottenere in rilievo l' impronta di una piastra incisa a bulino di dimensioni assai considerevoli. La detta piastra ottenuta, primo risultamento soddisfacente dei lavori del Dr. Iacobi, fu presentata all' Accademia delle Scienze di Pietroburgo il 5/17 Ottobre 1838. Il Ministro di Pubblica Istruzione la presentò all' Imperatore, il quale fece mettere a disposizione del Dr. Iacobi i fondi necessarii per proseguire i suoi studii: e da quell' epoca la scoverta del nostro Accademico acquistò in Russia una grande rinomanza...

Ma la vera cagione per cui l' Accademico Russo lasciò molto indietro lo sperimentatore Inglese fu la scoverta che egli fece nel 1839 del sistema oggidì conosciuto dai Fisici sotto il nome di *anodi*, o di *elettrodi solubili.* Allorchè il Signor Iacobi cominciò ad operare, l' oggetto da copiarsi faceva parte della pila galvanica, ne formava l' elemento negativo, e pescava nella soluzione del solfato di rame; ma la soluzione si esauriva a poco a poco, ed era necessario di mantenerla al conveniente grado di saturazione col rifondervi dei nuovi cristalli del detto sale a misura della loro riduzione. Ora il Signor Iacobi trovò nel 1849 che se si attacchi il modello al polo negativo, *e si disponga al polo positivo una lamina dello stesso metallo che è in dissoluzione nel liquido*, questa lamina, che chiamasi *anodo*, o *elettrodo solubile*, entra essa stessa in dissolnzione nel liquido in quantità presso a poco eguale a quella che si deposita sul modello. L' ossigeno messo in libertà per la decomposizione dell' acqua si porta al polo positivo della pila; colà esso incontra il metallo e lo ossida, cioè lo fa passare allo stato di un composto suscettibile di disciogliersi nell' acido libero esistente nel liquido, e per quest' azione continua, a misura che al polo negativo si fa un deposito metallico a spese della dissoluzione salina, il rame attaccato al polo positivo si discioglie nel liquido presso a poco nella stessa proporzione.

La scoverta degli anodi ha esercitato un' immensa influenza sui progressi della galvanoplastica. Essa ha infatti permesso di separare la coppia voltaica che genera la

hac operatione requirantur, nempe 1.° ut torrens electricus excitetur, 2.° ut fiat depositio metallica; in *apparatu simplici* typus, cujus imaginem metallicam efformare cupimus, partem elementi Voltaici ad ipsum torrentem electricum excitandum constituit; in *composito* autem torrens electricus excitatur a Pila extra liquidum dissolvendum posita, et typus polo negativo ejusdem Pilae fili deferentis ope simpliciter est adnexus. Apparatus simplex in alio non consistit, nisi in vase vitreo AB (Fig. 164), in quo solutio metallica decomponenda continetur, sulphas cupri, ex, gr., si cupream imaginem efformare quis cupiat, et in vase cylindrico CD pariter ex vitro, cujus basis inferior ab argillae, vel membranae obturamento clauditur. Ab aliquibus pro hoc cylindro adhibetur bubulum intestinum, vel parva vesica sacculi formam exhibens. Hic cylindrus vel vesica repletur aqua, in qua acidum sulphuricum fuerit dilutum; idemque in centro prioris vasis per sustentaculum ad aliquam altitudinem immergitur. In acido sulphurico interioris vasis CD collocatur lamina ex zinco *z*, quae fili cuprei ope communicat cum typo *gh* ad fundum vasis vitrei exterioris AB posito. Hic apparatus igitur Pilam Voltae unius elementi constituit, in qua, quum duorum elementorum liquida inter se sint separata, cupri et zinci contactus electricum torrentem debilem, sed jugem gignit, qui sensim et lente metalli reductionem in typo ad polum negativum posito provocat, ubi post aliquot dierum intervallum tanta cupri copia deponitur, ut ejus immaginem accuratissime, ac perfectissime imitetur et referat. Torrens electricus debilis esse debet, ut cupri depositio fiat lente, ejusque partes maximo cohaesionis gradu ad imaginem efformandam inter se conjungantur. Typi fieri possunt ex plumbo, vel sulphure, vel cera, vel gypso cera perfuso, dummodo tamen eorum superficies deferens reddatur, illam ob-

corrente, dall'apparato in cui si effeltua l'operazione. Il procedimento galvanoplastico è divenuto quindi più semplice, il successo più sicuro, ed il tempo dell' operazione infinitamente più breve; si son potuti finalmente ottenere dei depositi metallici di ogni forma e di ogni dimensione.

Intanto la galvanoplastica non poteva ricevere ancora delle applicazioni molto estese: infatti sino a quell' epoca non si poteva operare che sul rame. Un' osservazione fatta in Francia dal Signor Bocquillon, in Inghilterra dal Signor Murray, e benlosto ancora da Spencer, e da Iacobi permise di effettuire i depositi metallici alla superficie di quasi tutti i corpi indifferentemente. Si riconobbe che i corpi, i quali non conducono l' elettricità, e che sin allora non si erano prestati alle operazioni galvanoplastiche, possono ricevere i depositi metallici se si ricopre la loro superficie di uno strato polverulento di un corpo conduttore dell' elettricità. La piombagine è quella che adempie meglio a questo effetto. Si potè da quel momento, invece di operare su di un modello metallico, procurarsi delle improute dell'oggetto da riprodursi fatte di cera, di stearina, di gesso, ed effettuire il deposito del rame su questi modelli resi conduttori mediante la piombagine. Ottenuto quest' ultimo risultamento, la galvanoplastica ha potuto ricevere le applicazioni varie ed estese, che le assicurano un posto così distinto tra le creazioni della Scienza moderna. Figuier *Histoire des principales decouvertes scientifiques modernes*, T. 1. Galvanoplastique Ch. 1.

ducendo aureo vel argenteo folio, vel levi strato pulveris plumbaginis : in hoc autem casu, ut inter polum positivum et negativum communicatio instituatur, typus cuprea vitta ambiatur necesse est. Quum denique prout metallum ad typum reducitur, sulphas cupri in vase contentum exhauritur, identidem aliqua crystallorum ejusdem sulphatis quantitas in liquidum refundi debet, ut hoc ad eumdem saturationis gradum jugiter detineatur. Hic apparatus, qui communiter in Scholis ad demonstrandas galvano-plasticae operationes adhibetur, vocari solet *electrotypus Dni Spencer*.

928. *Apparatus compositus* ex duabus constat partibus, ex vase scilicet, in quo metalli depositio conficitur, et ex Pila extra liquidum posita. Pila, quae communiter adhibetur, est Pila Dni Smée, vel Pila Dni Archereau (925.). Vas, in quo metalli depositio fieri debet, ab illo superius descripto (927) non differt: ejus forma ad libitum varia esse potest : in hoc ponitur solutio liquida salis metallici decomponendi, sulphas cupri, ex. gr., vel cyanurum argenti in cyanuro potassii solutum, si cupri, vel argenti *reductio* fieri debeat ; ita ut si in liquida solutione salis cuprei operandum sit, Pilae polo positivo aduectitur *anodum* seu lamina cuprea; si operandum sit in solutione salis argentei, eidem polo adnectitur lamina argentea, quae in eadem liquida solutione innatet. Ita fit, ut prout operatio perficitur, metallum polo positivo adnexum dissolvatur (920) in eadem prorsus quantitate, quae per electricum torrentem super typum in polo negativo existentem colligitur ; unde liquida solutio salis cuprei vel argentei in jugi et constanti saturatione detinetur , id quod ad felicem effectum consequendum plurimum confert. Prout Pila majoris vel minoris efficaciae adhibetur, torrentis electrici intensitas ad libitum variare potest. Id commodi habet hic apparatus, ut ejus ope imagines grandiores obtineri possint ; ad id enim consequendum nihil aliud requiritur , nisi ut liquidum solvendum in vase grandiori collocetur.

929. Ingenue tamen fateri debemus , felicem hujus operationis effectum ex quatuor essentialibus circumstantiis pendere , pro quibus accurate determinandis nulla adhuc regula certa assignari potuit, quaeque magis ex longo usu et operandi habitudine innotescere possunt; suntque: 1.ª Pilae intensitas diversis solutionibus congruens; 2.ª gradus saturationis liquidi solvendi, ejusque conducendae electricitatis capacitas; 3.ª hujus temperatura ; 4.ª dispositio et magnitudo relativa inter duo electroda , nempe inter laminam cupream vel argenteam polo positivo adnexam, et typum in polo negativo existentem. Hujus operationis diversas applicationes in subiecta nota legere poteris (1).

(1) Le operazioni galvanoplastiche permettono di riprodurre le medaglie, le mo-

930. Iisdem principiis referendae sunt omnes illae operationes, quas plurimi Physici et Artifices passim post id inventum exco-

nete, i suggelli, i bolli, i bassi rilievi, le statue. Per riprodurre una medaglia o una moneta, si opera o direttamente sulla medaglia che si vuol riprodurre collocandola al polo negativo, dopo di averla leggiermente spalmata o con cera, o con olio, o con sevo per impedire l'aderenza della copia coll'originale, e si ottiene così in incavo una copia, su cui si opererà di nuovo per averne la riproduzione in rilievo; o si prende l'impronta della medaglia col gesso o con altra lega fusibile, ed in questo caso l'operazione galvanoplastica riproduce immediatamente la medaglia in rilievo. Si possono in tal guisa ricoprire di rame le statnette, i gruppi ed altri oggetti di gesso. Si ricovrono pure collo stesso processo le frutta, i legumi, le foglie, ed altri prodotti naturali, nonchè gli organi vegetabili o animali. M. Soyer riuscì ad inviluppare in uno strato di rame il cadavere di un bambino neonato. Benchè il risultamento fosse di riuscita meravigliosa, era uno spettacolo orrido a vedersi. Si diceva allora che sarebbe questo un mezzo di innalzare agli uomini grandi nel tempo stesso una tomba ed una statua di un' autentica rassomiglianza.

La galvanoplastica somministra all' arte del fonditore delle applicazioni di un'importanza più seria, e che son destinate a ricevere un giorno uno sviluppo più considerevole. Col semplice soccorso della pila voltaica si potranno realizzare i grandi oggetti della scultura, i quali non si son potuti sinora ottenere, che mediante la fusione del metallo con enorme fatica, e non senza il grave pericolo di qualche esplosione, che può aver luogo nell' atto della fusione... Ma l' applicazione della galvanoplastica che ha maggiormente attirato l' attenzione degli Artisti e dei dotti è l' uso che può farsene nell' arte dell' incisione; e le operazioni di tal fatta formano una branca particolare delle arti elettrochimiche, che si esprimono oggidì col nome di *elettrotipia*. In Alemagna ed in Inghilterra l'elettrotipia è molto avvanzata; in Francia non si è ancora ben riuscito... L' elettrotipia permette 1.° di fabbricare delle piastre di rame ad uso degl' incisori; 2.° di riprodurre e moltiplicare le piastre incise; 3.° di incidere direttamente una piastra di rame mediante la corrente galvanica... Per dir poche cose della terza operazione (essendo facile l' intendere le due prime), ognun sa che per ottenersi una incisione ad acqua forte, si comincia dal ricoprire una piastra levigata di rame o di acciajo con uno strato di cera o di vernice. L' incisore disegna su questo strato con una punta fina in modo da far rimanere a nudo il metallo; colloca in seguito questa piastra in un vaso spianato, e vi versa al di sopra l' acido azotico (acqua forte) allungato con acqua. L' acido attacca e discioglie il metallo sino ad una sufficiente profondità capace a ricevere l' inchiostro tipografico. Mr. Smèe ha immaginato di rimpiazzar l' acqua forte coll' azione chimica che si esercita su di un metallo quando si colloca al polo positivo di una pila voltaica. Questo fatto, sul quale il Dr. Iacobi fondò l'impiego degli *a nodi* (v. not. ant.) ha condotto Mr. Smee a questo risultamento curioso di incidere una piastra di rame direttamente colla corrente galvanica; e si opera così. La piastra metallica ricoperta di cera o di vernice sulle due facce, riceve secondo il solito il disegno eseguito colla punta dalla mano dell' artista. Si colloca quindi in una dissoluzione di solfato di rame in comunicazione col polo positivo di una pila; si compie il circuito voltaico mettendo in rapporto col polo negativo una piastra della stessa dimensione di quella che deve incidersi. La decomposizione non tarda ad effettuarsi; l' ossigeno e l'acido solforico si portano sulla piastra, e dissolvono il rame in tutti i punti ove esistono le tracce disegnate.

Finalmente un processo analogo a quello dell' incisione galvanica ha permesso di arrivare a questo risultamento interessante e curioso; di trasformare cioè una lamina daguerriana in una piastra d' incisione, colla quale mediante l' arte tipografica si possono aver sulla carta le copie delle immagini daguerriane. Una pruova fotografica è composta, come si è visto (700, not.) di rilievi formati dal mercurio che rappresentano i chiari, e di parti piane che costituiscono le ombre, e che non sono altro se non l' argento della lamina metallica.

Se si fa un deposito di rame su queste immagini prese come modelli galvanoplastici, i rilievi diventeranno incavi, e reciprocamente; di modo che tirando sulla carta le pruove di queste piastre ricoperte di rame, i chiari diventeranno le ombre, e vi-

gitarunt, ut metallo quocumque pretiosiori, auro, ex. gr., vel argento viliora quaelibet metalla obducerent (1). August. de la Rive

ceversa. Il Signor Grove è arrivato a soddisfare a queste condizioni in una maniera conveniente servendosi delle lamine daguerriane come di *anodo* attaccato al polo positivo della pila, e facendole pescare in un liquido di una natura chimica tale, che attacca il mercurio e rispettà l' argento. Il liquido, che conviene a quest'oggetto delicato, è l'acido cloridrico allungato coll' acqua.

Grazie all' impiego di precauzioni e di cure particolari indicate dal Fisico Inglese, si può trasformare una lamina daguerriana in una piastra di incisione, e la stampa di questa piastra dà sulla carta una pruova, sulla quale si può gloriosamente scrivere: *Disegnata dalla luce, ed incisa dall' elettricità* — Figuier, *loc. cit. cap.* 2.

(1) Alcuni anni addietro la professione di *indoratore dei metalli* era considerata a buon dritto come una delle più insalubri tra le professioni industriali. Infatti per indorare il bronzo o il rame si discioglieva l' oro in una certa quantità di mercurio, e coll' amalgama così formata si impiastricciava il pezzo metallico: si esponeva in seguito il bronzo così amalgamato all' azione del fuoco; il mercurio svaporava e lasciava alla superficie del metallo uno strato di oro, che poi si puliva mediante un brunitojo. La necessità di aver le mani costantemente in contatto col mercurio, e soprattutto la presenza di questo metallo in vapore nell' atmosfera degli opificii, alterava rapidamente la sanità degli artefici doratori, ed il risultamento quasi costante di queste operazioni dannose era la malattia conosciuta sotto il nome di *tremore mercuriale*, a cui pochi artefici potevano sottrarsi, e che comprometteva la loro esistenza nella maniera la più grave... e la statistica non aveva avuto pena a dimostrare che la professione di doratore dei metalli era una di quella che apportavano il contingente il piu tristo al martirologio della industria. La scoverta della galvanoplastica giunse opportunamente... dall' anno 1838 si cominciò a saggiare le applicazioni della galvanoplastica all' arte del doratore, e da questo momento divenne probabile che il successo coronerebbe questi sforzi — M^r. De la Rive aveva intrapreso nel 1823 delle ricerche, che avevano per fine di sostituire alla indoratura a mercurio quella mediante la corrente elettrica; ma la scienza non era ancora bastantemente avvanzata a quell'epoca per permettere una intera riuscita... Intanto quindici anni dopo, nel 1840 guidato dai più bei risultamenti ottenuti dal Sig. Becquerel colle correnti elettriche di debole intensità, incoraggiato ancora dai primi successi dei Signori Spencer e Iacobi, che cominciavano a fare nel mondo dei dotti una certa sensazione, M^r. De la Rive riprese i suoi primi tentativi, e questa volta fu più felice, benchè non avesse potuto risolvere che una parte del problema; egli indorò l' argento, il rame, e l' ottenne, ma il suo metodo era lontano dall' offrire tutti i vantaggi desiderabili... M^r. Boetger nella Germania perfezionò i mezzi impiegati da M^r. de la Rive; e riuscì ad indorare assai facilmente gli oggetti di ferro e di acciajo. M^r. Elsner ripetette l' esperienza di Boetger operando con un apparato quasi simile... Finalmente M^r. Ruolz (conosciuto in Napoli come celebre compositore di Musica pel teatro di S. Carlo) condotto da un rovescio di fortuna ad occuparsi di cose chimiche, dopo una serie di perseveranti ricerche giunse a risolvere in una maniera completa il problema generale della precipitazione galvanica dei metalli gli uni sugli altri. Il 9 Agosto 1841 egli presentò all' Accademia delle Scienze di Parigi una memoria, nella quale esponeva il risultamento delle sue ricerche, ed a proposito di una tale memoria, il Siguor Dumas scrisse il dì 29 del Novembre seguente un estesissimo rapporto, che diede ai lavori del Signor Ruolz una considerevole rinomanza. Il processo del Signor Ruolz per la doratura ed inargentatura dei metalli mediante la corrente galvanica fu acquistato dal Signor Cristofle, il quale ha fondato in Parigi uno stabilimento dei più importanti per l' applicazione del medesimo. La nuova industria della doratura chimica si compone di due branche distinte, della doratura cioè *per immersione*, e *di quella per via galvanica*. La prima che fu immaginata e messa in pratica in Inghilterra dal Siguor Elkington sin dal 1836 non può dare sulla superficie del rame, che uno strato di una eccessiva sottigliezza, e non può servire che solo per gli oggetti che non devono essere sottomessi ad uno strofinio abituale. La doratura galvanica, che è dovuta alle ricerche simultanee dei Signori Elkington e Ruolz, (che è quella supe-

mense Aprilis 1840 methodum electro-chemicam edidit, qua argentum et aurichalcum facillime *inaurari* possunt, chloruri auri solutionem adhibendo. Ds. Boetger et Ds. Elsner in Germania, Ds. Elkington in Anglia et Ds. Ruolz in Gallia hanc methodum ad perfectionem, quam nunc habet, adduxerunt. Operationis summa huc redit. In eodem apparatu (927 , et 928) loco solutionis sulphatis cupri ponitur solutio neutra cyanuri vel chloruri auri cum cyanuro potassii permixti, et loco typi *gh* ponitur objectum inaurandum. Ob eamdem electro-chemicam actionem, qua fit ut cuprum in typo galvano-plastico deponatur, aurum ad objectum argenteum fertur. Intra breve temporis intervallum torrentis electrici transitus efficit, ut objectum argenteum auri strato obductum reperiatur. Eadem methodo cuprum, et ferrum platino, argento, zinco, plumbo, et stanno facillime obduci posse hodie comperta res est. Mirum autem quantum utilitatis, commodi, ac voluptatis haec omnia inventa hominibus attulerint. Hac ratione equidem nunc fit, ut metalla viliora ac usitatiora aureo vel argenteo strato exilissimo obducta oxydationem, cui facile subjiciuntur, efficaciter rejiciant; adeoque cultra, arma, Artificum et Chirurgorum instrumenta hac aurea, argentea, vel etiam platini et zinci vernice instructa, elegantiora ac utiliora esse possint (1).

riormente descritta), si applica a tutti gli oggetti destinati ad essere lungamente usati; permette di indorare ogni sorta di metallo in uso nel commercio, l'argento, il bronzo, l'ottone, il ferro, l'acciajo ec.; e di ottenere una doratura di qualunque spessezza. — Figuier, *loc. cit.*

(1) Quamvis omnes hae artes plurimam utilitatem hominibus afferant, omni tamen studio cavendum est ne humana malitia ad hominum perniciem iis abutatur; tunc enim plurimum detrimenti humana Societas inde capere posset. Quare re non pigeat laudati Auctoris quasdam non parvi momenti animadversiones heic afferre: « Infelicemente in tutte le cose umane il male si trova troppo spesso collocato a fianco del bene. In materia d' industria le nostre forze non possono ingrandirsi ed estendersi, senza somministrare nel tempo stesso alla frode nuove astuzie dinanzi sconosciute. La galvanoplastica che promette all' umanità i più serii vantaggi, apporta seco pure la minaccia di gravi perigli. Non sempre è buono il tacere una verità: confessiamo dunque senza inutile riguardo, che la galvanoplastica, la doratura, e la argentatura chimica mettono un arme novella ed un arme terribile tra le mani del contraffattore, del falsificator di monete, e del falsario. Senza entrare in altre spiegazioni, è facile il comprendere in quale situazione si troveranno d' ora innanzi la società, il commercio e l' industria, a fronte di un' arte ancora nascente che permette di copiare in pochi istanti, e colla più perfetta esattezza tutte le superficie di rilievo; di un arte, che coll' oggetto rimasto sol pochi minuti tra le mani del contraffattore, permette di ottenerne il modello, e con questo modello di riprodurre l' originale con una fedeltà si intera, che è impossibile all' occhio il più esercitato di distinguere il modello dalla copia; di un' arte infine, che permette d' indorare, d' inargentare, di platinare ogni materia metallica a quella densità che si vuole, senza alterarne in nulla le forme esteriori, ed i cui prodotti si ottengono senza rumore, senza apparecchio, senza soccorso straniero, e nel luogo il più angusto. Le istituzioni della Società civilizzata si trovano dunque a fronte di un danno imminente, e di un danno tanto più serio, in quanto che niuno ancora par che ne abbia compreso la gravità e l' estensione. È perciò urgente che il Governo, l' amministrazione ed il commercio si mettano prontamente in misura per

§. IV. *De actionibus physiologicis.*

931. Inter caussas, quae electricos torrentes gignere possunt, adnumeratur etiam quorumdam piscium actio, qui idcirco *Pisces electrici* vocantur, et ad quinque species rediguntur; suntque *Torpedo* (italice *Tremolo*), *Gymnotus electricus*, *Tetraodon electricus*, *Trichiurus electricus*, *et Silurus electricus.* Jamdiu veteribus Physicis compertum erat, *Torpedinem* ea peculiari proprietate donari, ut virga vel manu tacta, statim gravi *torpore* manus corriperet, et lacertos vehementer commoveret. Hinc ejus nomen originem duxit. Ut haec phaenomena illi explicarent, varias commenti sunt hypotheses; sed postquam Muschembroekius Phialae Leydensis effectus expertus est, hujus successionem cum illa, quae per Torpedinem excitatur, comparavit, eidemque prorsus caussae effectus, qui originem plane diversam habere putabantur, adscripsit. Quaeri igitur merito potest, unde tam ingens electricitatis copia, quam hi pisces emittere possunt, repetenda sit? Cui quaestioni ut satisfieri possit, breviter referre oportet praecipua tum *Torpedinis*, tum *Gymnoti* phaenomena: ex quibus inferri posse videtur, hanc electricitatem non esse, nisi *peculiaris actionis physiologicae effectum*.

932. D. Walsh omnium primus anno 1772 accuratiores super Torpedinis effectibus observationes instituit, quarum summa huc redit. 1.° Statim ac Torpedo ex aqua extrahitur, si manu vel manus digito ejus cutis tangatur, concussionem excitat. 2.° Eadem concussio excitatur, si Torpedo virga ferrea, chalybea vel ex quovis corpore deferente tangatur; nulla autem oritur concussio, si bacillo ex corpore cohibente, vitreo nempe, vel ex resina, ex cera sigillari etc. piscem tangas. 3.° Si ex pluribus hominibus insulatis, quorum manus inter se sint consertae, ille, qui primus est, Torpedinem tangat, concussio usque ad secundum, et aliquando ad tertium, quamvis remissius, pertinget: ubi homines non sint insulati, et catenam efficiant, concussionem accipiunt, si primus Torpedinis dorsum, ultimus vero ejus ventrem tangat, vel viceversa. In aqua autem concussiones eodem modo eveniunt, sed remissiores quam in aere; quamvis Walsh observaverit, Torpedinem ex aliqua distantia eum electricitatis torrentem ejaculare, qui parvos pisciculos in choncam ad ejus cibum injectos enecet, vel saltem stu-

non essere un giorno sorpresi da qualche terribile risveglio. D'altra parte, la Scienza non deve restare inattiva; essa possiede e deve perfezionare i mezzi di allontanare questi pericoli... così essa medesima deve guarire il male che ha potuto innocentemente cagionare. Se l'albero della scienza, per adoprar la grande e bella immagine della Scrittura, porta nei suoi rami i frutti del bene misti ai frutti del male, sviluppiamone i germi felici, e sappiamo mettere i frutti avvelenati in luogo, ove la mano del delitto non possa raggiungerli. — Figuier, *loc. cit.* — *Conclus.* —

pore corripiat. Id autem est observatu dignissimum, Torpedinem non mechanice, sed pro suo lubitu concussionem gignere; videmus enim eam hac sua naturali armatura semper uti, quum necessitatem illius adhibendae persentit; saepe etiam evenit, ut nullatenus concutiat, quamvis repetitis vicibus icta: at si ad furorem provocetur, ejus pinnas villicando, successivas concussiones producet, quarum D. Walsh quinquaginta intra unius minuti intervallum enumeravit.

933. Post Walshium, Torpedinis (quod piscis genus in nostro mare Mediterraneo abundat) phaenomena ad examen revocarunt Spallanzani, Galvani, Aldini, Humboldt, Davy, et novissimi omnium Carol. Matteucci, et P. Sancles Linari', qui ultimus in Portu Telamonii, et S. Stephani ab anno 1836 ad annum 1839 electricum torrentem tantae intensitatis obtinuit, ut scintilla vividissima appareret, in acubus chalybeis vim magneticam excitaret, aquam decomponeret; praeterea annulos coloratos in laminis metallicis inspexit, et hujus piscis dorsum positive electricum invenit, ventrem vero negative (1).

934. *Gymnotus electricus*, piscis nempe, qui in America meridionali invenitur, et *Anguilla del Surinam* vulgo appellatur, eadem electricitatis phaenomena edit, sed magis intensa, et efficacia. D. Walsh, qui eorum plures sibi comparaverat, unum duos pedes cum dimidio longum Londini adhuc servabat anno 1788, quum ibi appulit illustris Physicus Neapolitanus Fr. Xav. Poli; eoque inspectante, omnia confirmavit phaenomena, quae in Torpedine observantur, et insuper scintillam obtinuit. Videsis quae idem Poli hac de re fuse narrat in sua Physica (2).

935. D. Humboldt refert, quod in sua Americana peregrinatione, quum quosdam equos sylvestres in aquam stagnantem cujusdam rivi, in qua gymnoti delitescebant. Indi immisissent, gymnoti aequorum ventri appropinquantes successiones adeo vehementes edebant, ut eos vel morti traderent, vel lethali torpore obstupefacerent; quumque ipse inconsiderate pedes suos gymnoto jam tum ex aquis extracto imposuisset, eam sensit concussionem, cum qua comparata illa, quae a phialarum Leydensium serie emitti potest, parvi momenti hanc sibi visam fore declarat (3). Eadem ferme phaenomena, quae P. Linari in Torpedine observavit, experti sunt tum Faraday in quodam gymnoto Londinum advecto, tum Jacob. Paci Neapolitanus Physicae Professor in gymnoto, qui magno studio in

(1) Vide Supplem. al Giorn. l' *Indicatore Sanese* 13. Dicemb. 1836, et 28. Mag. 1838: nec non il *Giornale* di *Farmacia*, *Chimica* etc. di L. del Grosso Nap. 1839, n. 9, et 10.
(2) Poli, Lez. di Fis. Lez. XXVIII. Art. VII.
(3) Vide Pouillet, loc. cit. n. 273.

Regis Neapolis Palatio anno 1845 servabatur. Vide hujus Dissertationem hac de re editam, cui titulus *Osservaz. di G. Paci, e di D. Miranda sul ginnoto elettrico, Napoli* 1845.

936. Ex dictis patet, haud improbabilem esse sententiam, quam illustris Volta super horum phaenomenorum caussa in medium protulit. Putat hic Physicus, inter humidas substantias, ex quibus tum torpedinis, tum gymnoti, aliorumque ejus generis piscium organa constant, alias esse idoneas ad electricitatem evolvendam, alias autem ad illam expandendam. Et re quidem vera, illustres Anatomici Hunter, Cuvier, Blumembak, aliique, qui *organum electricum* gymnoti descripserunt, et Neapolitanus Steph. delle Chiaje, qui torpedinem dissecuit, observarunt organa electrica horum piscium constare pluribus membranaceis cellulis, in quibus maxima adest copia pellicularum, quae mutuo aliae aliis superpositae permultam habent analogiam cum metallis, humidisque conductoribus, ex quibus Pila galvanica coalescit. Ex experimentis tamen a P. Linari anno 1839 institutis inferri posse videtur, originem torrentis electrici ab his piscibus emissi in communi potius sensorio, quam in organo electrico residere, ita ut cerebrum, nervique in eorum electricis actionibus magnam vim habeant. Id etiam jam antea dictus Professor delle Chiaje suis anatomicis dissectionibus comprobaverat. Sed ad nostrum iustitutum satis.

937. Ex iis omnibus, quae huc usque diximus, prono alveo fluit, quatuor esse torrentium species, a quibus phaenomenorum electricorum, cujuscumque generis illa sint, explicatio pendet, nempe *torrentes, quos electricitas affrictu excitata* producere potest, *torrentes hydro-electricos, torrentes thermo-electricos*, et *torrentes inductionis*, qui tum ab electricitate galvanica, tum a magnetum actione, tum denique ab actione magnetica Telluris excitari possunt. Instituta inter eos comparatione, negari nequit id, quod in prima hujus Sectionis fronte diximus, *magnetismum* nempe atque *electricitatem*, quae diu tanquam duo fluida toto coelo inter se diversa putabantur, vel parum vel nihil inter se differre.

PHYSICAE

PARS TERTIA

DE METEOROLOGIA ET COSMOGRAPHIA

938. PROGREDIMUR ad Physicae partem tertiam, quae tamquam hujus pulcherrimae Scientiae complementum jure merito spectari potest; in hac enim omnia grandiora phaenomena, quae in terra, in atmosphaera, et in coelo observantur, quorumque notitia magni interest, expendi debere diximus (6). Plurimum utilitatis ac delectamenti hanc Tractationem afferre, cuique vel parum attendenti patet; veritates enim, quas hucusque separatim et veluti in angustis coarctatas limitibus nobis comparavimus, hic ad eorumdem phaenomenorum, quae in sensus nostros quotidie incurrunt, explicationem latissime applicantur. Duabus itaque in Sectionibus loquemur de Meteorologia et de Cosmographia.

SECTIO I

DE METEOROLOGIA

939. Plurima sunt phaenomena, quae in atmosphaera excitantur, et adspectui nostro subjiciuntur: in illa enim efformantur nubes, pluvia, nix, grando; lux et caloricum illam pervadunt, variasque subeunt modificationes; in illa propagatur sonus; in illa denique fluidum electricum valde accumulatur, et luctuosissimos effectus aliquando producit. Omnia hujus generis phaenomena, quia

in sublimi aeris atmosphaerici parte ut plurimum generantur et versantur, *meteora* (1), seu *sublimia* appellari solent. Pro variis caussis, a quibus suam ducunt originem, et diversa ratione, qua nobis se praebent conspicienda, Meteora sunt diversi generis, et ad quatuor classes etiam a veteribus Physicis redigebantur, nempe ad *aërea*, *aquea*, *ignea*, et *lucida*. Hanc partitionem et nos retinemus; totamque Sectionem duobus capitibus absolvemus, in quorum primo de atmosphaera generatim, ejusque temperie loquemur; in altero vero de singulis Meteoris sermonem instituemus.

CAPUT PRIMUM

DE ATMOSPHAERA GENERATIM, EJUSQUE TEMPERIE.

940. Jam diximus (315) aerem esse fluidum illud elasticum, quod Telluris globum undequaque ad datam usque altitudinem circumdat et ambit, quodque proinde *atmosphaera* appellatur. Hic autem addendum, atmosphaeram non a solo aere constitui, sed vaporibus et exhalationibus innumeris, qui a Terra vel a terrestribus corporibus egeruntur, esse permixtam. Veteres putabant aerem esse *simplex elementum*, sive constare ex particulis homogeneis simplicibus; hodie tamen lippis et tonsoribus notum est illum coalescere ex duobus fluidis elasticis plane inter se diversis, nempe ex *gas oxygenio*, et *azoto*, hac proportione inter se conjunctis, ut ex 100 aeris atmosphaerici partibus 79,19 partes gas azoticum complectantur, et 20,81 gas oxygenium. Deprehenditur quoque in aere aliquantulum *acidi carbonici*, cujus quantitas inter 0,04, et 0,08 pro variis anni tempestatibus variare potest. Praeterea, observantibus Daltono et Humboldt, continet etiam aer tum minimam gas hydrogenii quantitatem, tum *aqueos vapores* sibi permixtos, quorum major vel minor copia in infinitum variare potest pluribus de caussis, ut infra videbimus. Haec aeris atmosphaerici compositio animalium respirationi, et plantarum vegetationi plurimum favet; sicut enim animantia oxygenium absorbent, emittuntque acidum carbonicum, ita plantae e contrario acidum carbonicum absorbent, et oxygenium atmosphaerae restituunt. Ex hoc fit, ut inter aeris atmosphaerici elementa quoddam adsit aequilibrium, cui certe debetur ejusdem aeris jugis et permanens compositio jam dicta.

941. Ibidem etiam (324) rationem innuimus, qua atmosphaerae

(1) A μετα supra, et ἀιρῶ, tollo.

pressio, ac proinde ejusdem pondus dignosci posset. Hinc si atmosphaerae densitas eadem foret in qualibet a terrestri superficie distantia, ex iisdem principiis, ex quibus ejus pondus eruitur, ejusdem etiam altitudo erui posset. Quum autem haec densitas sit varia (aer namque, utpote ex variis stratis sphaericis sibi invicem superimpositis et maris superficiei concentricis constans, rarior evadere debet prout altius assurgit), hujusque variationis lex non sit probe perspecta; patet, atmosphaerae altitudinem esse incompertam. Methodi omnes, quibus hactenus usi sunt Physici ut hanc metirentur altitudinem, suis vitiis plus minusve laborant. Ex crepusculi matutini et vespertini duratione, et calculi trigonometrici subsidio Hallejus et de la Hire conjici posse arbitrantur atmosphaerae altitudinem esse leucarum 16, seu milliariorum 40. Ex calculis vero recentioribus D. Biot inferri posse videtur hanc non extendi ultra 40,000 metra. At non desunt observationes meteorologicae, ex quibus alii opinantur eamdem altitudinem esse majorem; quamvis omnes in hoc consentiant, quod, posita etiam majori altitudine, aëris densitas in extremis partibus adeo exilis esse debeat, ut nullo modo sensibus percipi posset. De variationibus, quibus Barometrum subjicitur, loquuti sumus in n.° 341.

942. Quoniam autem diversi tum caloris, tum frigoris gradus in atmosphaerae phaenomenis ingentem vim, imperiumque exercent; plurimum interest leges explorare, secundum quas calorici diffusio fit tum in diversis atmosphaerae partibus prope Telluris superficiem, tum in variis ejus ab ipsa Tellure altitudinibus. Quamvis vero hujus generis investigationes sint recentissimae, et D[nis] Humboldt, Fourier, et de Laplace primum debeantur; negari tamen nequit omnes nostri aevi magni nominis Physicos tanto labore ac solertia eas prosequutos fuisse, ut vera ac solidiora Meteorologiae fundamenta jecerint. Nos praecipuas hujus quaestiones per summa capita delibabimus.

943. Atmosphaerae *temperies* ita est comparata, ut omnes *variationes*, quas subire potest tam in diversis anni tempestatibus, quam in horis diei, a Solis actione omnino pendeant. Solem enim esse praecipuum ac uberrimum terrestris atque atmospbaerici calorici fontem nullus est qui ignorat. Aeris temperiem, seu, ut vocant, *temperaturam* metimur ope thermometri mercurio repleti, et in aperto aere ad umbram libere suspensi; haec tamen mensura non est numeris omnibus absoluta; nam caloris radii a Tellure, nubibus, vicinioribus corporibus, et ab ipso observatore emissi actionem aliquam in instrumentum exercent; cujus proinde indicationes *mediam* exprimunt omnium harum actionum. Quumque temperatura in singulis tum diei horis, tum mensium diebus, tum anni mensibus sit varia; *temperatura media diei* obtinetur dividendo sum-

mam graduum a thermometro in singulis observationibus designatorum per numerum observationum 24 horarum intervallo confectarum. *Temperatura media mensis* obtinetur addendo temperaturas medias omnium dierum ejusdem mensis, earumque summam per numerum dierum mensis dividendo; nempe per 30, vel 31. Denique *temperatura media anni* est quotus divisionis numeri temperaturas medias 12 mensium exprimentis per numerum 12.

944. His positis, sciendum est variationes diurnas temperaturae hanc fere constantem legem sequi. *Minima* mane, circa semihoram ante Solis ortum contingit; *maxima* circa duas horas post meridiem, aestate quidem citius, hiberno tempore vero aliquantulum tardius; cujus rei ratio haec est. Ubi Sol supra horizontem elevatur, radios suos versus Terram ejaculatur, quorum virtute tum Telluris superficies, tum aeris strata, quae ipsam contingunt, calorem concipiunt. Hujus caloris pars aliqua intra solum penetrat, pars vero versus spatium coeleste emittitur. Ab ortu Solis usque ad meridiem Terra in quolibet temporis intervallo plus recipit caloris, quam per radiationem emittere potest, adeoque ejus temperatura magis magisque augetur, etiam posteaquam Sol meridianum transierit; at statim ac ad occasum Sol vergit, et horizontem iterum petit, tunc quantitas caloris a Terra per radiationem emissi eam superat, quam ipsa recipit, adeoque sensim eadem refrigescit. Denique postquam Sol occubuit, quum haec calorici fons suam in nostro hemisphaerio actionem intermittat, Tellus suos radios in spatia coelestia emittit, ejusque temperatura minuitur donec Sol iterum supra horizontem assurgat.

945. Pro aestimanda *temperatura media diurna*, quin observationes singulis horis capiantur, sufficit ut notentur *maxima* et *minima* temperatura ejusdem diei, earumque summa per 2 dividatur. Quumque sit fere impossibile ut in singulis diebus multae observationes conficiantur; experientia autem docuerit, *mediam* temperaturam exacte obtineri ex tribus dumtaxat observationibus quolibet die institutis; hinc *media* cujusque diei erui potest, observando 1° horam ortus Solis, 2° horam secundam post meridiem, 3° horam occasus Solis. Quumque etiam tres istae horae sint variationibus subjectae, his communiter substituuntur observationes captae hora nona matutina, hora secunda post meridiem, hora nona vespertina. Ubi *thermometographum*, seu *thermometrum indice instructum* (cujus constructionem videsis apud Pouilletum (1)) adhibeas, facilius quoque hanc mediam temperaturam colliges. Quum enim instrumentum istud cujuslibet diei temperaturam maximam et minimam constanter exhibeat; si harum duarum quantitatum

(1) Pouillet, Phys. Lib. VIII. n. 511.

differentiam sumas, eamque ducas per datum *coefficientem* in sequenti tabula singulis mensibus assignatum, hujusque multiplicationis productum temperaturae minimae addas, temperaturam mediam cujusque diei obtinebis. Ut exemplis hoc illustremus, en tabulam jam dictos coefficientes exhibentem.

Pro mense Januarii *coefficiens est* . . .	0,507	Julii	0,462.
Februarii. . . .	0,476	Augusti	0,451.
Martii.	0,475	Septembris . . .	0,433.
Aprilis	0,436	Octobris	0,447.
Maji	0,459	Novembris . . .	0,496.
Junii	0,453	Decembris . . .	0,521.

Hinc si, ex. gr., scire cupias temperaturam mediam alicujus diei mensis Augusti, observabis thermometographum, ubi pro temperatura *maxima* gradus 22,32 signatos reperies, pro temperatura minima gradus 10,26; quorum differentia est graduum 12,06. Atqui $12°,06 \times 0,451 = 5°,44'$. Ergo temperatura media ejus diei erit $= 10°,26' + 5°,44' = 15°,70$.

946. In regionibus citra tropicos *variationes annuae* ita se habent. Circa finem mensis Januarii temperatura sensim ac lente augetur, celeriter vero in mensibus Aprilis et Maji, et ad maximum gradum circa finem mensis Julii pertingit. Deinde sensim minuitur, celerius in mensibus Septembris et Octobris, et ad *minimum* pervenit post medietatem mensis Januarii. Ex his patet, *mediam* anni temperaturam haberi mensibus Aprilis et Octobris. Hujusmodi temperaturae constans augmentum ac imminutio pluribus caussis debetur, sed praecipue diversae dierum longitudini, variae Solis supra horizontem altitudini, et variae ejusdem declinationi. Ubi Tellus interdiu plus caloris recipit, quam noctu deperdere possit, temperatura augetur; adeoque ad maximum gradum pertingit post solstitium aestatis, quando nempe Tellus ingentem caloris copiam ob majorem dierum longitudinem, et minimam Solis declinationem acquirit, quin notabilem ejusdem quantitatem deperdere possit, ob noctium brevitatem. His de caussis quatuor anni tempora, *metheorologice* inspecta, aliam subeunt divisionem ac illa, quae ab Astronomis assignatur; divisio enim metheorologica desumitur a temperatura media mensium, hoc modo.

Hiems — (December, Januarius, Februarius.
Ver — (Martius, Aprilis, Majus.
Æstas — (Junius, Julius, Augustus.
Autumnus — (September, October, November.

Sed hujus phaenomeni ampliorem explicationem in Cosmographia reperies.

947. Solis supra horizontem praesentia non in solam atmosphaeram agit, verum et in ipsam Telluris superficiem. Nisi Sol existeret, Tellus ejusque atmosphaera proprium calorem emitterent versus spatia coelestia calorico absolute destituta, in quibus moventur, earumque temperatura sensim minueretur, donec evaderet illi aequalis, qua eadem spatia coelestia donantur. Quo minus Sol supra horizontem assurgit, eo debilior est ejus vis calefaciendi, quia ejus radii densiorem atmosphaerae quantitatem pertranseunt, eorumque maxima pars Terrae superficiem lambit, quin illam tangat. Hinc patet ratio, cur minima sit regionum polarium temperatura toto anni tempore, et regionum nostrarum tempore hiberno.

948. Sed non omnes radii a Sole emissi ad Telluris superficiem perveniunt; nam eorum magnam copiam atmosphaera absorbet; hinc Pouillet ex pluribus institutis experimentis statui posse declarat, in unius diei sudi ac sereni intervallo, dimidiam radiorum solarium partem tantummodo ad Terram pertingere, qui radii diversimode distribuuntur, pro diversa obliquitate, qua atmosphaeram pertranseunt, et ad Telluris superficiem perveniunt. Haec superficies radios Solis calorificos absorbet, et calefit. Quod si dies nubilosi addantur, patet, quam minimum esse radiorum solarium numerum, qui calorem superficiei terrestri communicant. Pari ratione asserere possumus, nubes ac aqueos vapores in atmosphaera innatantes Telluris radiationi obsistere, adeoque concepti caloris emissionem impedire. Æstivo tempore dies sereni calidiores sunt, quam nubilosi: contrarium evenit hiberno tempore. Item aestivo tempore, quando pluvia e coeli regionibus decidit, atmosphaeram pertransiens, ejus calorem absorbet; adeoque temperatura minuitur; ut quisque, sequuta procella, experiri potest. Hiberno tempore, e contrario, pluviae calidiores sunt, si cum atmosphaerae ac Telluris temperatura conferantur. Praeterea venti maximam vim exercent in temperaturae variationibus, ut cuique compertum est. Venti boreales, praecipue hiberno tempore, celerrime temperaturam imminuunt, quia e regionibus aeterna glacie concretis spirant; venti australes eam augent, quia per calidiores Africae regiones pertranseuntes, ad nos usque perveniunt. Hae tamen leges generales aliquam exceptionem patiuntur ob coeli statum, aliasque loci et temporis circumstantias. Sed praeter calorem, quem Tellus a Sole recipit, est et alia caloris terrestris caussa, nempe calorici primordialis quantitas in ipsa Telluris massa residens, de qua suo loco sermonem fecimus (477).

949. A Meteorologiae Tractatoribus referuntur quaedam Tabu-

lae, in quibus *annua temperatura maxima et minima* praecipuarum Civitatum Terrae designantur, ex. gr.

	minima	maxima
In insula Surinam	+ 21°, 3	32°, 3.
In Civitate Paduae	— 15°, 6	36°, 3.
Romae	— 5°, 0	31°, 3.
Londini	— 11°, 4	35°, 4.
Petropoli	— 34°, 0	33°, 4.

et sic deinceps. Hae sunt *temperaturae extremae* diversorum locorum. Ex tabulis hujusmodi perspicitur, temperaturam elatiorem hactenus cognitam, quam homines perferre possunt in aere libero, esse illam, quam sensit D. Burckhard Latopoli (Esneh) in Ægypto; erat namque graduum 47, 4: temperaturam vero depressiorem esse illam, quam sensit D. Back in regionibus borealibus Americae septentrionalis, nempe graduum — 56, 7. Earum differentia est graduum 104; ex quo patet, homines perferre posse temperaturae variationem majorem ea, quae intercedit inter aquam ebullientem, et punctum fusionis glaciei, ut in thermometris usitatioribus exhibetur. Extremae hae variationes temperaturae in interioribus Continentis regionibus observantur; nam in alto mari nusquam thermometrum ultra gradum 31 visum est assurgere. Quo magis a marinis regionibus recedimus, eo plus augetur differentia intra temperaturam mediam aestatis et hiemis. Ex tabulis namque, quas iidem Auctores referunt, colligitur, differentiam temperaturae mediae aestatis et hiemis in Civitatibus ad maris littus positis non esse gradibus 13 majorem (Londini, ex. gr., temperatura media hiemis est 3°, 22, aestatis 16°, 75, quarum differentia est 13°, 53,); in Civitatibus in aliqua a mari distantia existentibus hanc differentiam esse aliquanto majorem (Amstelodami, ex. gr., ubi temperatura media hiemis est graduum 2, 67, et aestatis graduum 18, 79, differentia est graduum 16, 12.). Denique in Civitatibus mediterraneis et a mari longe dissitis hae differentiae sunt majores: sic Berolini temperatura media hiberna est — 1°, 01; aestiva 17°, 18; quarum differentia est 18°, 19. Viennae temperatura media hiberna est 0°, 18; aestiva 20°, 36; differentia 20°, 18. Petropoli temperatura media hiberna est — 8°, 70, aestiva 15°, 96; differentia 23,° 66. Patet itaque hiemis rigorem et aestatis calores augeri prout intra Continentem pergimus. Haec Lex generalis est, nullamque patitur exceptionem; ejusque caussa nonnisi ventis, aliisque loci circumstantiis est tribuenda (948).

950. Haec quidem vera sunt de regionibus secundum earum majorem vel minorem a mari distantiam spectatis; at non minus certum exploratumque est, temperaturam mediam locorum ex duabus caussis generalibus constanter minui, nempe ex eorum majori ab

aequatore distantia, seu ex majori locorum *latitudine*, et ex majori eorum supra maris libellam *altitudine*. Omnibus enim patet, Terram majorem caloris copiam concipere debere ubi radii solares in ipsam ad perpendiculum incidant, quam ubi incidant oblique; cujus rei luculentissimum exemplum habemus tum in differentia, quae intercedit inter temperaturam aestivam et hiemalem (in priori namque casu Sol radios suos fere ad perpendiculum super Tellurem emittit, in altero vero oblique; quamvis tempore aestivo Tellus a Sole remotior sit quam tempore hiberno); tum in differentia, quam perspicimus in temperatura horarum diei, in quibus radii Solis orientis vel occidentis oblique in nos illapsi minorem caloris gradum nobis impertiunt, quam ubi e meridiano emittuntur. Hinc manifestum est, Telluris positionem versus Solem, et inclinationem axis ejusdem ad Eclipticam in caussa esse, cur zona torrida Solis radios verticales semper excipere debeat, adeoque temperaturam praeseferre elatiorem, quam reliquae terrestres regiones. Hinc colligere licet, *temperaturam mediam locorum*, ex memoratis caussis, *minui oportere prout ab aequatore ad polos pergimus.*

951. Quum autem atmosphaera ex variis stratis sibi invicem superpositis constet, ex quibus illa, quae Terram immediate contingunt, sunt densiora (941); reliqua vero eo sunt rariora, quo altius consistunt, ut etiam ex barometri observationibus liquet (342); evidens est, strata inferiora, utpote densiora, majorem caloris copiam ex radiis solaribus concipere ac detinere: quamvis enim strata superiora, utpote Soli proximiora, intensiorem radiorum ejus vim experiantur, calor tamen hujusmodi est *latens* (526), nempe sensibus percipi nequit, et in aerearum particularum dilatationem unice insumitur; dum interea strata inferiora, cujus particulae minorem inter se relativam distantiam servant, plus calorici *apparentis*, seu quod in nostros sensus incurrit, et thermometro aestimari potest, retinere debent. Sequitur propterea *temperaturam minui debere prout regiones supra maris libellam* altius assurgunt; hoc autem quisque experiri potest supra montium altiorum verticem ascendendo.

952. Quamvis vero temperatura media locorum generatim minuatur prout ab aequatore ad polos procedimus (950), et prout regiones supra maris libellam altius assurgunt (951); plurimae tamen sunt caussae tum accidentales, tum ex locorum situ pendentes, quae has duas leges infirmant. Omnes hae caussae tam generales, quam particulares, quae in loci alicujus temperatura variationem inducere possunt, ejusdem loci *clima physicum* constituunt. Sunt autem distantia locorum a mari (949), montium ac nemorum circumjacentium existentia, varius agrorum cultus, eorum diversa natura, et inclinatio, et praecipue ventorum varia directio etc. Venti, ex. gr., prout ex diversis regionibus spirant, aerem zonae

torridae refrigerare possunt, et aerem regionum borealium calefacere. Maris propinquitas similes producit effectus. Sic venti *alisei* Oceani Atlantici (de quibus infra) ingentem in mare aeris fluxum excitant, qui versus occidentem pergit, et prope Floridae orientalis littus in duos ramos partitur, quorum unus ad meridionalem plagam tendit, alter autem maximo impetu ruit in Fretum Bahamae, ubi temperaturam graduum 27 servat; deinde ascendit per Americae Septentrionalis oram orientalem, nomenque *Gulf-Stream* recipit; prope Terram Novam versus orientem tendit, unde per Africae littora descendit, hujusque regionis clima calidissimum temperat; sed in regionibus supradictis pars ejusdem versus septentrionem tanta vi dirigitur, ut in oras Scotiae occidentales deferat grana, et semina fructuum Americae, et aliquando etiam tabulas, aliasque reliquias naufragiorum, quae in insulis Antillis locum habent. Hic aereus torrens itaque, et venti ab occasu brumali spirantes efficiunt, ut temperatura Norvegiae sit 10 gradibus elatior ea, quam servant regiones Americae ex adverso sub eadem latitudine positae.

953. Omnia quae hactenus ex sola theoria statuimus, facto et observationibus experti sunt nostri aevi Viatores, et praecipue D. Humboldt numquam satis laudandus. Ejus namque investigationibus accuratissimis debemus quidquid de varia caloris distributione supra Telluris superficiem scimus. Celebris hic Naturae investigator invenit, aequatoris temperaturam mediam esse graduum 27, 5; licet existant regiones mediterraneae, uti sunt interiores Africae regiones, quae, ex memoratis caussis accidentalibus, temperaturam elatiorem, nempe graduum 29, etiam habent. Idem Humboldt ratione diversae temperaturae nostrum hemisphaerium in sex zonas *isothermicas* (1) dividendum esse censuit. Linea *isothermica* dicitur illa, quae transire concipitur per diversa globi terraquei puncta, ubi temperatura media est eadem. Speciatim vero vocatur *linea isothera* illa, quae transire concipitur per diversa terrae loca, ubi temperatura media aestiva est eadem; *linea* autem *isochiména* illa quae transit per loca, quae eamdem temperaturam mediam hiberno tempore habent. Manifestum est, has lineas non habere ubique eamdem latitudinem, ac *circuli parallelli*, sed esse irregulares ac sinuosas. Si, ex. gr., viator aliquis proficiscens ex Neapoli, cujus temperatura media est graduum 16, 9 C. seu 13, 5 R., Terram circumeat, et per omnes regiones pertranseat, in quibus temperatura media est semper graduum 16, 9 C., lineam *isothermicam* describet. Si autem concipiamus aliam lineam isothermicam, quae, ex. gr., temperaturam habeat graduum 14, 5 C., haec, aeque ac illa, erit etiam si-

(1) Ab ἴσος, aequalis, et θερμή, calor.

nuosa. Terrestris superficies inter has duas lineas posita (sicut et reliquae inter alias isothermicas comprehensae) dicitur *Zona isothermica*. Ex his sex zonis isothermicis prior est illa, cujus temperatura media est inter gradus 30 et 23 , 5 C., eaque est zona torrida ; secunda inter gradus 23 , 5 , et 20 ; tertia inter gradus 20 , et 15 ; quarta inter gradus 15 et 10 ; quinta inter gradus 10 , et 5 ; sexta denique inter gradus 5 , et 0 C. versatur. Si regiones , quae in his zonis comprehenduntur , scire cupias, adeas Pouilletum (2). Nostra Italia meridionalis intra tertiam zonam isothermicam includitur. Plurimi interest earum notitia tam ad plantarum vegetationem, quam ad animalium vitam. Sic , ex. gr. , *alces* , cervorum maximus , vivit in Suecia ad gradus 65 latitudinis, quamvis in Siberia non reperiatur ultra gradum 55. Pari modo *Fagus sylvatica* in Norvègia reperitur usque ad gradum 60, 24; in Lithuania nonnisi ad gradum 55; et in Crimea usque ad gradun 45.

954. Quamvis autem adhuc desiderentur ampliores observationes pro temperatura media regionum polarium statuenda, illae tamen , quae hucusque confectae fuerunt, innuere videntur, earum temperaturam esse inter — 25° et—30° C. Manifestum est etiam *polos frigoris* cum polis Terrae non congruere. Duo poli frigoris existunt in hemisphaerio boreali ; alter quidem ad septentrionem Americae , versus gradum 78 latitudinis , et 90 longitudinis occidentalis; alter vero ad septentrionem Siberiae , versus gradum 79 latitudinis , et 70 usque ad 110 longitudinis orientalis.

955. Temperatura hemisphaerii australis multo minus nobis perspecta est. Hoc unum extra omnem dubitationis aleam positum videtur, nempe in aequalibus latitudinibus climata in hemisphaerio australi esse rigidiora quam in hemisphaerio boreali, et glaciei massam in polo australi esse ampliorem quam in polo opposito. Haec temperaturae diversitas in duobus oppositis hemisphaeriis ex duabus caussis pendet, quarum prior est astronomica. Sol namque est Terrae vicinior hiberno tempore, remotior aestate; adeoque majorem vim Sol hiberno tempore in nostro hemisphaerio exercet, quam in hemisphaerio australi, ubi anni tempora contrario modo eveniunt, ac in nostro. Alia caussa haec est. Idem Sol per sex dies et amplius in hemisphaerio boreali magis versatur, quam in australi. Quod si huic caussae addatur etiam alia , quae in eo consistit , quod hemisphaerium australe plurimum aquae , et parum terrae continet ; in eoque etiam desunt venti aequatoriales , qui versus polum australem pergunt ; habebitur completa hujus phaenomeni explicatio.

956. Physicis praeterea in mentem venit temperaturae variationes expendere etiam in *locis subterraneis*. En eorum observationes.

(1) Pouillet, Phys. L. VIII. c. 1. n. 508.

Concipe plura thermometra subter Terrae solum in diversis altitudinibus immersa; si eadem pluries inspexeris, observabis, illa, quae nonnisi ad duorum decimetrorum profunditatem existunt, *variationem* temperaturae *diurnam* indicare; illa, quae ad sex decimetrorum profunditatem sunt, exprimere temperaturam *mediam diurnam*; illa quae ad trium metrorum profunditatem existunt, indicare *mediam mensis*; illa denique, quae plusquam decem metra subter terram descendunt, indicare temperaturam a *media annua* parum discrepantem. Ultra hanc profunditatem, thermometri temperatura uno circiter gradu temperaturam *mediam annuam* loci constanter superat: Parisiis, ex. gr., thermometrum in cavernis subterraneis Observatorii ad profunditatem metrorum 27, 60 ab anno 1773 usque adhuc detentum nullam subiit variationem, sed semper gradus 11, 22 designavit; uno scilicet gradu aeris temperaturam mediam, quae Parisiis est 10°, 80, superat. Idem phaenomenon in variis Terrae regionibus alii Physici experti sunt; ex quibus merito intulerunt, in omnibus Terrae plagis ad quamdam subter solo profunditatem existere quoddam stratum, ubi omnes temperaturae variationes, quae in terrestri superficie experiuntur, prorsus insensibiles evadunt. Hoc stratum *temperaturae stratum invariabilem* appellarunt. Prope aequatorem hoc stratum ad minimam profunditatem existit, quae profunditas crescit prout latitudo augetur: ubique autem ejus temperatura est fixa et constans, et parum elatior est temperatura media loci, qui verticaliter imminet parti interiori Telluris, ubi temperatura invariabilis est.

957. Hinc concipere possumus leges, quas D^nus^ Quetelet Bruxellis, et Arago Parisiis ex repetitis observationibus statui posse declararunt circa calorici distributionem tam *supra*, quam *infra* hoc stratum invariabile. Ejusmodi leges *supra* stratum invariabile ad has duas rediguntur: 1.ª *Maxima* et *minima diurna fere nunquam ad unius metri profunditatem se extendunt*: 2.ª *Maxima et minima mensis sensim, sed semper decrescendo, propagari possunt usque ad stratum invariabile; tempus autem, quod huic propagationi impendunt, est profunditati proportionale; pro varia natura loci varium esse potest; et aestimari solet dierum* 18 *pro singulis metris.* Equidem D^nus^ Quetelet Bruxellis quum thermometrum ad met. 3, 88 sub Terra demersum teneret, observavit, *maximam* temperaturam mense Septembri, *minimam* vero mense Aprili ab eodem indicari; dum omnes scimus *maximam* temperaturam in aere libero mense Iulii, et *minimam* mense Ianuarii locum habere. Ex quo etiam eruitur, tempus, quod maxima et minima impendere debent ut ad 10 metrorum profunditatem pertingant, esse debere dierum 180, scilicet sex mensium; id quod innuit, in ejusmodi locis anni tempora esse inversa, adeo ut inibi calorem mensis Iunii mense Ianuarii, et frigus mensis Ianuarii mense Iunii experiri debeamus.

Subter stratum invariabile, temperatura crescit prout ad majorem profunditatem pergitur: hoc phaenomenon innumeris confirmatur observationibus, quae usque ad hodiernam diem confectae fuerunt ubique locorum in profundioribus Terrae fodinis, et in *puteis Artesianis*, quorum aquae calidiores sunt prout a profundiori terrae strato erumpunt. Hujus augmenti lex non semper est uniformis; pendet enim a soli natura, ab ejus conducendi calorici capacitate, ab aliisque causis: statui tamen potest temperaturam uno gradu augeri pro 25 vel 30 metrorum profunditate; quamvis aliquibus in locis 40 metra pro uno gradu requirantur, in aliis vero 20 metra ad hanc temperaturam uno gradu augendam sufficiant. Haec omnia *caloris centralis* existentiam demonstrare alibi diximus (477).

958. His positis, intelligere etiam possumus quamnam temperaturam habeant scatebrae aquarum, quae passim occurrunt. Geologis omnibus hodie compertum exploratumque est (ut alibi (359) diximus), scatebras omnes suam originem ducere, ac alimentum sumere a vaporibus, et a nivibus solutis, quae sensim per terrae meatus, rimas, ductus, ac canaliculos in varia terrae strata penetrantes, eorum temperaturam assumunt. Ubi hae aquae colliguntur in receptaculis ad eam profunditatem sitis, in qua variationes diurnae, ac mensium nullam in ipsas actionem exercere valent, earum temperatura in egressu supra Terrae superficiem erit fere aequalis mediae temperaturae anni: erit huic inferior, si scatebrae prosiliant ex locis elatioribus; illam superabit, si ab ingenti profunditate deriventur. Ex observationibus DD. Humboldt, Wahlemberg, et Leopoldi de Buch sequentes conclusiones deduci possunt: 1.° In Europa occidentali temperatura scatebrarum est fere aequalis temperaturae mediae annuae: 2.° In centro Continentis Europei, quod ad Alpium septentrionem situm est, earum temperatura est hac elatior: 3.° In Italia ac inter tropicos est inferior. Praeterea D. de Buch ostendit has differentias rationem constantem servare cum pluviae quantitate relativa quae in diversis anni temporibus decidit. In Anglia ubi aestate aeque ac hieme pluere solet, temperatura scatebrarum est aequalis temperaturae mediae annuae. In Germania, ubi plus aestate quam hieme pluit, temperatura scatebrarum est hac elatior. In Italia demum, ac inter tropicos est ea depressior, quia ibi aestate nonnisi raro pluere solet.

959. Aquae *thermales* (1) sunt illae, quae a solo scaturiunt calidae. Omnes scatebrae, quarum temperatura pluribus gradibus excedit temperaturam mediam anni, ut thermales considerari possunt; hic namque excessus non ab unica atmosphaerae temperatu-

(1) A θέρμη, calor.

ra pendet, sed ab aliis caussis quarum praecipuae sunt vel profunditas loci subterranei unde scaturiunt, vel peculiares circumstantiae stratorum terrestrium, per quae transeunt. Hujus generis scatebrae inveniuntur passim in planitie ac in altis montibus ; praecipue tamen ac uberius in montibus existunt. Earum complures temperaturam exhibent inter gradus 20 et 40; pauciores inter 50 et 60. In Insula Islandica celebris est scaturigo, quam *Geyser* incolae vocant, cujus aquae ita sunt calidae, ut gradum 82°R. superent, nihilque differant ab iis, quae igne ad summum caloris gradum perducuntur. Post illam insignes sunt thermae Badenses in Helvetia: succedunt his thermae Aponenses prope Patavium; deinde scaturigines prope Misenum, quas *Bagni di Nerone* vulgo appellant, quaeque 60° excedunt. In nostro Neapolitano Regno aquae thermales abundant; celebriores, praeter nuper memoratas prope Misenum, sunt aquae thermales insulae Aenariae, quae varia sortiuntur nomina, ut aqua thermo-mineralis *di Gurgitelli* (97°. C.), aqua *del Capitello* (66°. C.), aqua *della Rita* (61°. C.), aqua *di S. Restituta* (60°. C.); praeterea aqua thermo-mineralis Vesuviana (33°.C.) prope Turrim Annuntiatae ; aqua thermo-mineralis *dei Bagnoli* (43°. C.) etc.

960. De aquarum, quae in lacubus continetur, temperatura, haec tenenda sunt. D. Saussure ex observationibus pluries repetitis in variis Helvetiae lacubus intulit, temperaturam in ejusmodi aquarum superficie variare pro ratione temperaturae aeris et fluminum in iis affluentium ; sicuti enim tempore hiberno haec superficies gelascit, ita tempore aestivo calefit usque ad 20.°, et 25.°; in earum tamen fundo ubi lacuum profunditas 60 vel 70 metra excederet, hanc inter gradus 4 et 5 oscillare ; sive in eo gradu permanere, in quo aqua maximum suae densitatis gradum attingit (512.). Hoc factum ab illustri Genevensi Physico constabilitum, confirmatum fuit a D^no de la Beche, qui in lacu *Thun* ad 80 metr. profunditatem invenit temperaturam graduum 5, 27 ; et in lacu apud *Zug*, ad profunditatem 40 metr. temperaturam graduum 5 expertus est. In aquis fluminum alia ratione fit calorici distributio : in iis enim motus liquidarum partium efficit ut strata superiora cum inferioribus permisceantur, eamdemque producant temperaturam in tota fluentis aquae massa. Tam lacus, quam flumina gelascere solent in iis regionibus, in quibus tempore hiberno frigus intensissimum pluribus diebus perdurat. Evidens autem est, congelationem a ripis incipere debere ; ibi enim aqua quum sit minus profunda, terram contingit jugiter ab aere, et a propria calorici radiatione frigefactam. In fluminibus congelatio aliquando etiam a fundo incipere potest ; id quod ex eo repetendum videtur, quia aquae motus prope fundum minuitur (368,), et in alveo ob suas irregularitates plura parva receptacula contineri possunt, ubi aqua

vel parum vel nihil agitatur ; id quod congelationi plurimum favere debet (1).

961. Quid denique de aquarum maris temperatura dicendum? Ex observationibus recentissimis et innumeris constat, aeris temperaturam supra mare, in locis a littore dissitis uno eodemque die minus variare, quam supra terram; sic ex. gr. supra maria prope aequatorem sita differentia inter maximam et minimam diei temperaturam est 1 vel 2 graduum, dum supra terram haec differentia aliquando ad 5°, vel 6° pervenit. Hinc D. Duperrey conferendo aeris temperaturam cum temperatura maris prope superficiem, invenit, intra tropicos aerem aliquando esse calidiorem aqua, aliquando frigidiorem. Quum enim 1850 observationes intra 0°, et 20° latitudinis tum borealis, tum australis a se captas contulisset, invenit aquas 1371 vicibus calidiores aere, et 479 vicibus aerem calidiorem aqua. In majoribus latitudinibus, a gradu scilicet 25 ad 50, aer nonnisi admodum raro est maris superficie calidior: in regionibus polaribus demum aer numquam aqua calidior inventus est, quin imo ejus frigus longe admodum frigus aquae superat. Ubi vero absolutam maris temperaturam sive prope superficiem, sive in variis profunditatibus noscere cupias, haec sunt scitu digna. 1.° Intra tropicos, temperatura minuitur in ratione inversa profunditatis aquarum : 2°. in regionibus polaribus temperatura augetur in ratione directa profunditatis ; denique temperaturae decrementum est minus prout latitudo crescit; demum a gradu 70 latitudinis augeri incipit. Ex quo patet, in tota aquarum oceani massa existere debere zonam quamdam, in qua temperatura est eadem a suprema superficie usque ad maximam profunditatem. Haec uniformis calorici distributio in aquis marium nonnisi liquidarum partium mobilitati praecipue tribuenda est ; adeoque atmosphaera superficiem maris jugiter contingens eamdem uniformem temperaturam exhibere debet. At undenam repetenda est aquarum diversa temperatura in diversis marium profunditatibus? Sub aequatore, ex. gr. ad 1000 ulnarum profunditatem temperatura est ad summum 6 vel 7 gradum, dum prope superficiem haec 20 vel 25 gradibus aequalis semper reperitur. Pari modo in regionibus polaribus, ad 700 ulnarum profunditatem temperatura invenitur 2 vel 3 graduum, dum prope superficiem etiam aestivo tempore, quando navigatores ibi appellunt, supra 0° numquam assurgit. Quanam ex caussa aquae profundae prope aequatorem frigescere, et in regionibus polaribus calefieri potuerunt? Ingenue fatemur cum Pouilleto his quaestionibus nondum satis superque fuisse responsum : quamvis recentiores Physici, duce D^no Humboldt, putent hanc calorici distributionem

(1) Vide Pouillet, loc. cit. n. 513.

deberi quibusdam torrentibus continuis, qui jugiter ab aequatore ad polum in locis maris profundioribus, et a polo ad aequatorem in maris superficie pergunt.

962. Ex eo autem quod in regionibus polaribus aquae temperatura prope superficiem sequatur temperaturam aeris, quae per plures gradus infra 0.° descendit; patet ratio cur maria in iis regionibus aeterna glacie sint concreta. Quum autem hoc sit unum ex vere mirandis naturae phaenomenis, placet ejus descriptionem ex Pouilleto (1) exscribere, qui hanc ipsam ex Relationibus Ducis Scoresby exscripsit.

(1) I ghiacci che incontransi sulle coste dello Spitzberg e del Groenland hanno ordinariamente la grossezza di 20 in 25 piedi; essi forman talvolta delle immense pianure, i cui confini non si veggono neppur dalle sommità degli alberi della nave; questi diconsi *campi di ghiaccio*: la loro estensione può essere giudicata di tre o quattrocento leghe quadrate. Un campo di ghiaccio presenta alcune volte una superficie perfettamente piana, sulla quale una carrozza potrebbe fare 30 o 40 leghe senza ostacolo. Talvolta è scabra ed ineguale, in modo che di quando in quando sorgono delle prominenze o colonne di 20 in 30 piedi di altezza, le quali formano un aspetto pittoresco: esse compariscono talvolta del bel colore turchino verdastro dei più brillanti topazii: e spesso, coperte di neve, presentano sulle cime e nei contorni svariatissimi accidenti.

Le ondolazioni dell'acqua, il moto delle onde, o qualche altra potente cagione infrangono in un attimo un campo di ghiaccio e lo riducono in frammenti di 100, o di 200 metri. Questi frammenti separati si urtano e si sperdono, ma spesso son trasportati da una rapida corrente; e se essi allora incontrano una corrente opposta, che mena enormi frammenti di un altro campo di ghiaccio, queste montagne si urteranno con orribile fracasso. Una nave che si trovasse menata in mezzo non presenterebbe maggior resistenza all'urto, di quello che una lamina di vetro ad una palla di archibuso presentar potrebbe. Non son rari gli esempii di lagrimevoli naufragii cagionati da tale irresistibile possanza. Mercè di queste maniere di correnti il mare si apre ai naviganti; imperciocchè quando esse hanno sgomberati i ghiacci, allora si può, seguendo alcune direzioni, cacciarsi fino ai paralleli di 70° in 80°, ove par che le balene abbiano in preferenza la loro sede.

Se alcuni monti di ghiaccio sono rotti e quasi polverizzati in questi terribili scontri, ve ne ha degli altri al contrario i quali prendono per questo un nuovo aumento e più terribili diventano. I ghiacci innalzati dai flutti ricadono gli uni sugli altri, si soprappongono, si coprono di frammenti più o men voluminosi, e compongono così delle vere montagne in mille guise avariate, le quali si innalzano per 10 in 15 metri al di sopra delle acque: generalmente la parte che emerge sta alla sommersa come 1 a 4; e però la totale altezza di queste montagne è di 40 in 60 metri.

Accade sovente che ghiacci di 30 in 40 metri di lunghezza caricati ai loro due estremi, discendono a tale profondità da poterví per sopra passare la nave; ma l'equipaggio è allora esposto a pericolo grandissimo: il minimo urto, la più lieve cagione può rompere l'equilibrio dei pesi che tengono il ghiaccio sommerso; allora questo monterà con impeto, lancerà il vascello nell'aria, o per lo meno lo farà sicuramente capovolgere.

Nella baja di Baffin trovansi monti di ghiaccio molto più alti che nei mari di Groenlandia: i naviganti han veduto che essi elevansi per più di 30 in 40 metri al di sopra della superficie delle acque, e però che avevano più di 200 metri di altezza totale. Si suppone che queste spaventevoli masse si generino sulle coste, ove forman le valli che terminano al mare, e che indi siano distaccate o per la pressione delle acque, o per qualche altra cagione. E per fermo in tutte quelle spiagge veggonsi sulle coste monti di ghiaccio di un bel colore turchino trasparente come l'azzurro del cielo, tagliati perpendicolarmente, i quali s'innalzano a meravigliosa altezza. Nella *stagione del Sole*, le acque scorron dall'alto delle loro cime, e generano nel mare delle

963. Diximus (951) locorum temperaturam minui prout altius supra maris libellam illa assurgunt. Sciendum est tamen hoc decrementum variare pro diversis tum diei horis, tum anni temporibus. Ex observationibus D[ni] de Saussure in ea Alpium summitate, quae *Collum Gigantis* appellatur, 3430 metr. supra maris libellam alta, et ex aliis D[ni] Kaemtz apparet, hoc decrementum celerius fieri interdiu, quam noctu; prope horam 5 pomeridianam maximum gradum attingere; oriente sole tardius evenire; et tardius etiam fieri hiberno tempore quam aestate. Sic ex. gr. ut inter Genevam et Montem S. Bernardi habeatur unius gradus imminutio, ascendere oportet aestate per 185 metr., autumno per 210$^{m.}$, hieme per 252$^{m.}$, et vere per 179$^{m.}$. Ex hoc inaequali decremento in diversis anni temporibus liquet, temperaturae differentiam inter tempus aestivum ac brumale jugiter minui, prout altius in atmosphaeram assurgimus. D. Lecoq in suo *Meteorologiae Tractatu* (1) tabulam refert, in qua signantur praecipuae observationes in diversis altitudinibus confectae pro eruenda lege, secundum quam fit temperaturae decrementum. Ex illius tabulae inspectione quamvis pateat hoc temperaturae decrementum irregulariter fieri, videtur tamen assignari posse fere 165 metra pro singulis decrementi gradibus. Amplitudo montium, et eorum acclivitas aliquam vim exercent in rapiditatem hujus decrementi: tardior enim fit in iis eorum partibus amplioribus, quae leniter acclives sunt, quam in ea parte, ubi mons est praeruptus: in Americae meridionalis montibus ex. gr., qui *An-*

grandi cascate, le quali sono alle volte arrestate dai geli. Comparisce allora un magnifico spettacolo, che i naviganti guardano da lungi; imperciocchè in un momento quelle colonne, quegli archi giganteschi sospesi nell' aria, con orribil rumore si rompono, e ruinano nel mare.

Le acque non sono profondissime nei luoghi vicini alla costa occidentale dello Spitzberg. Spesso le balene ne danno la misura in modo sicuro: in quello che esse son colpite dal fiociniere, discendon giù verticalmente nelle acque con indicibile velocità, portando seco la fiocina e la lenza; ma esse ritornano tosto alla superficie a spirar l' ultimo fiato, e quando esse vengouo imbrattate della melma del fondo del mare, si può esser certo che la lunghezza della lenza che han trasportata è la giusta misura della profondità, la quale trovasi di circa 1000 in 1200 metri.

Verso il mezzo dell' intervallo che passa tra lo Spitzberg e la costa orientale di Groenlandia fino a 2500 metri non si è trovato fondo. Il capitano Scoresby ha veduto spesso il ghiaccio formarsi in alto mare alla distanza di 20 leghe dal lido. Tostochè i primi diacciuoli cominciano a divenir visibili, il mare si calma come se si fosse versato l'olio alla sua superficie; i cristalli giungono rapidamente alla grossezza di 3 in 4 pollici, ed allora cominciano a ragunarsi per formare, se il freddo continua, dei pezzi più o meno lunghi, i quali non tardano ad aver la grossezza di 2, o 3 decimetri. In questi luoghi la densità dell' acqua del mare è 1°,026; essa quando è tranquilla si gela a—2°. Le acque concentrate dalla gelata possono giungere ad una densità di 1°,104; allora esse si gelano a — 10°, e pure si sa che l'acqua saturata di sale non può consolidarsi se non a—15°. Reliqua vide in laudato Auctore loc. cit. n. 514.

(1) Lecoq, *Elements de Geograph. Phys. et de Météorolog. Second. Part. Ch. V. § VI.*

des dicuntur, decrementum est 1 gradus per 258m. in partibus leniter acclivibus, quae incoli possunt; 1 autem gradus per 160m., ubi iidem montes accliviores evadunt. Idem evenit in montibus Mexicanis, et in Himalaya.

964. Ex hoc temperaturae decremento prout altius assurgimus fit, ut montes altissimi semper stent alta nive candidi. Dum enim pluit ad montium radices, aut in planitie, in eorum summitate cadit nix, quae ut infra videbimus, nibil aliud est, nisi tenuis pluvia gelu concreta. Usque ad datam altitudinem haec nix dissolvitur ab aestivis caloribus, sed ultra hunc terminum fundi nequit. Hic terminus, ultra quem nives dissolvi nequeunt, et aeternum perdurant, *limes nivium aeternarum* appellari solet. Quamvis autem hic limes in diversis locis varius esse possit ex multis caussis accidentalibus, sub data tamen latitudine est adeo constans ac determinatus, ut illum tamquam lineam curvam considerare possimus, quae ab aequatore ad polos sensim deprimitur usque ad maris libellam, ut sequens tabula innuit.

Regiones.	Latitudo.	Limes.	Temperatura media
In America Meridionali	a 0.° ad 10.°	4795. met.	27.°, 05.
In montibus Peruvianis (Andes)	a 14.° » 19.°	5300.	25.°, 75.
In montibus Mexicanis	a 19.° » 20.°	4580.	25.°, 75.
In jugis australibus Himalayae	a 27.° » 36.°	3900.	»
In dorso septentrionali ejusdem	ead.	5000.	»
In monte Ararat	37.° » 40.°	4320.	»
In monte Caucaso	42.° » 43.°	3216.	15.°, 5.
In Pyrenaeis	45.° » 46.°	2729.	13.°, 5.
In Alpibus	45.° » 46.°	2670.	13.°, 00.
In montibus Carpathiis	47.° » 49.°	2592.	»
In Norvergia	61.°	1690.	»
In Dofrinis	70.°	1060.	»
In Norvergia septentrionali	72.°	715.	»
In Spitzberg	80.°	0.	»

Hic autem addendum est, limitem nivium aeternarum, ut paullo ante diximus, non a sola latitudine pendere; verum etiam a vario calore, et aestatis duratione, a quantitate nivis hiberno tempore super eosdem montes illapsae, a montium figura, a ventorum directione; a quibus omnibus caussis fieri potest ut nives nunc magis, nunc minus solvantur, adeoque modo superius, modo inferius hic limes persistat. Variationes autem hujus altitudinis, quae in uno eodemque loco ex his caussis oriri possunt, legere poteris in Pouillet (1).

(1) Pouillet, loc. cit. n. 509.

965. Nives perpetuae aestivo tempore imperfectam subeunt liquationem, cujus vi in levem glaciem conversae, in montium rimas, vel inter vallium angustias decidunt, ibique infra nivium aeternarum limitem eo diutius asservantur, quo montes sunt elatiores, et climata frigidiora. Haec glaciei servandae loca vulgo dicuntur *Ghiacciaje*. In Sabaudia et Helvetia plurima ejus generis loca existunt in pagis Bossons, Brenva, Aletsch, et Grindelvald; suam autem originem ducunt ab Alpium montibus altioribus, uti sunt illi, qui Mons Albus (Monte-bianco), Mons Rosa (Monte-Rosa)etc. vocantur. Eorum inferior extremitas ad 1230m. supra maris libellam demittitur. In regionibus septentrionalibus, quo inferior est temperatura, eo inferius descendunt. Sic in Norvegia ad 61° latitudinis usque ad 400m descendunt, et in Spitzberg prope maris litus consistunt. Æstivo tempore ex caloris actione aliquando dehiscunt, et inde oriuntur illae innumerae glaciei ingentes massae, quae in regionibus polaribus aquis supernatant. Ex his glaciei receptaculis ad Alpium radices existentibus oriuntur flumina, quae vel in Oceanum, vel in Mare Mediterraneum affluunt, uti sunt Rhodanus, Rhenus, Padus etc. Sed haec hactenus. Plura videas in DD. Pouillet, Lecoq, Kaemtz, et Peclet *Meteorologiae Tractatibus*.. Tempus est ut de Meteoris solita brevitate loquamur.

CAPUT SECUNDUM

DE METEORIS IN SPECIE.

966. Meteora, ut diximus (939) quadruplicis sunt generis; vel enim ex abrupto aeris aequilibrio oriuntur, et *aerea* vocantur; vel ab aqueis particulis in aere innatantibus pendent, et *aquea* dicuntur; vel ab actione lucis vario modo reflexae aut refractae producuntur, et *lucida meteora* appellantur; vel denique ex actione calorici et electricitatis derivantur, et *meteora ignea* audiunt. De his quatuor in articulis tractabimus.

ARTICULUS PRIMUS

DE METEORIS AEREIS.

967. Quotiescumque aeris densitas in eodem statu ubique permanet, ejus aequilibrium nullo modo turbatur, et aer in quiete perdurat. At si vel aucta temperatura dilatetur, vel alia quacumque ex caussa in aliqua sui parte rarior fiat, necessario evenire debet ut haec pars altius assurgat; strata autem densiora, quae ibidem nunc majori, nunc minori celeritate praeterfluunt, ut equili-

brium restituant, ac vacuum hac ratione efformatum repleant, aeris fluxus gignunt tactu sensibiles, qui *Venti* vulgo appellantur: si enim levior sit aeris commotio, non dicitur ventus, sed *aura* et *spiritus*. Prout autem ex varia directione, et ex variis horizontis punctis flare solent, diversum etiam nomen recipiunt. Eorum divisio ad Geographiam pertinet; atque hinc a Geographis respectu plagarum, ex quibus ad nos veniunt, primo dividuntur in *cardinales* et *collaterales*: *cardinales* sunt illi, qui transeunt per quatuor puncta terrae cardinalia; *collaterales* vero, qui inter duos cardinales aequaliter interstant. Apud Poetas Graecos et Latinos *quatuor* tantum *cardinales* adnumerantur, *Auster* nempe, *Eurus*, *Aquilo* et *Favonius*. Andronicus Athenis primus fuit, qui in turri octogona *octo* ventos, cardinales nempe et collaterales, disposuit. Vitruvius viginti quatuor enumerat: hodierni nautae trigintaduos, atque etiam plures, et *Rosam ventorum*, uti ajunt, conficiunt (Fig. 165); in qua *quatuor venti cardinales* vitruvianam appellationem retinent, ita ut ille qui prodit ex meridie, vocetur *Auster* (anglico nomine *Sud*, italice *Ostro*); qui ex plaga opposita, *Septentrio* (*Nord*, *Tramontana*); qui ab ortu Solis aequinoctiali *Subsolanus* (*Est*, *Levante*); et qui ab occasu Solis aequinoctiali *Favonius* (*Ovvest*, *Ponente*) dicatur: deinde qui inter hos sunt *collaterales* N. E. *Aquilo* (*Greco*); S. E. *Eurus* (*Scirocco*); S. O. *Africus* (*Libeccio*); N. O. *Corus* (*Maestro*) appellentur. Ne autem confusio in his denominationibus suboriatur, in Rosa ventorum nomina latina, anglica, et italica inscribi curavimus. Quaelibet pars intermedia inter has divisiones subdividitur, et ita habetur denominatio plagae, unde ventus aliquis flare potest. Sic si ventus aliquis spiret e plaga, quae ad gradus 24 a N. versus O. sita sit, designabitur hoc modo N. 24. O.

968. Dividi etiam solent venti in *generales* seu *constantes*, in *periodicos* seu *anniversarios*, et in *variabiles* seu *liberos*. Venti *generales* et *constantes*, qui semper ab eadem parte, nempe ab ortu ad occasum, eademque celeritate spirant, sunt duo, alter quidem in zonae torridae maribus, per oceanos Æthiopicum, Atlanticum, Pacificum, et Indicum; alter vero in zonis temperatis in distantia 30 graduum ab aequatore terrestri spirant a parte N. E. in nostro hemisphaerio boreali, et a parte S. E. in hemisphaerio Australi. Hic ventus in utrisque his zonis spirans, *Alisei* nomen recipit. Ventus in zonae torridae maribus spirans non semper pari constantia consistit in omnibus illius maris partibus; sed in quibusdam magis, in quibusdam minus impeditur. Constantissimus est in Pacifico mari (ea nempe illius parte, quae inter Tropicos jacet), ita ut naves, quae a Novae Hispaniae (in America) portu Aquapulco solvunt versus Philippinas, hoc est, quae ab ortu in occasum tendunt, saepe sexaginta diebus navigent continue, sine ulla velorum mutatione vel collectione, cum

constanti vento Euro, vel Euro-borea; neque in hunc usque diem ulla navis in vastissimo illo itinere (milliar. 1650) periit: unde nautae dicunt licere sibi in hac navigatione secure dormire, neque ulla gubernandae navis cura opus esse, quum generalis ille ventus ducat navem ad optatum portum. Eadem constantia hujus generalis venti orientalis deprehenditur in mari a Capite Bonae Spei in termino Africae (quod in zona torrida jacet) usque ad Americam Brasiliensem, in cujus itineris medio jacet insula S. Helenae, ad quam cursum dirigere solent nautae ex India redeuntes in Europam; superato enim illo promontorio, nautae omni fere ventorum periculo et variatione defunctos se esse judicant, et secure dormiunt, vento constanter implente vela versus insulam illam et Brasiliam. Duo itaque maria sunt zonae torridae, in quibus generalis ille orientalis ventus cum suis collateralibus per totum annum dominatur; nimirum id, quod inter Africam procurrentem et Brasiliam interjacet; alterum id, quod inter Americam et Insulas Orientales, quarum pars Philippinae sunt, extenditur. Tertia autem pars hujus maris in zona torrida existentis, nempe inter Africam procurrentem et Orientis Insulas, non quidem destituitur hoc generali vento; sed saepius in hocce mari interpellatur propter frequentes insulas. In superiori aeris regione inter tropicos spirat etiam ventus *constans* a parte S. O., qui ventus ad gradus 30 latitudinis versus terrae superficiem deprimitur, et fere constanter navigatoribus favet ubi ab America Septentrionali ad Europam revertuntur: omnes namque viatores experiuntur totum Oceani tractum inter Americae Provincias unitas, et Angliam interpositum intra dies 40 absolvi dum ab Anglia in Americam iter faciunt, quum tamen idem spatium in reditu intra 25 dies conficiatur. In linea contactus hujus venti et alisei, maris fluctus omnino quiescunt, et languent, neque ulla aura commoventur; unde haec regio vocatur *regio malaciae (la regione delle bonacce)*. Aliquando vero iidem fluctus cum magno impetu subito commoventur. Hic ventus etiam aliquando usque ad Europam propagatur, estque caussa ut venti a S. O. spirantes ibidem dominentur. Venti *periodici*, seu *regulares* in Oceano Indico certis anni diebus spirant a quodam horizontis puncto secundum datam directionem, deinde certo dierum numero cessant, et per aequale fere tempus spirant ab alio horizontis puncto in contrariam directionem. Horum quidam sunt *anniversarii*, quidam *semissis anni* intervallo redeunt, quidam *menstrui* qui unius vel alterius mensis intervallo redeunt, quidam denique *diarii* qui singulis diebus spirant. Inter hosce praecipue illi observantur a nautis, qui per aliquot menses spirant in certis maris partibus, atque ab ipsis vocantur *motiones*, Belgice vero *Moussons*, et deprehenduntur, ut diximus, in Oceano Indico, ubi juxta observationes, quas D. Kaemtz Calicuttae con-

fecit, a mense Octobris usque ad finem Martii, per sex menses constanter spirant venti ex plaga N. O; a mense Martio usque ad Solstitium aestatis frequentiores spirant venti ex S. quam ex N; denique a Solstitio aestivo usque ad aequinoctium Autumni spirant venti a parte inter meridiem et orientem sita, et proprie a plaga S. S. E; quae directio est hibernae directioni perfecte contraria. Duplices etiam Graeci observarunt in singulis annis statos ventos, quos *Etesias* (1) appellavere, nempe *aestivos* sive *caniculares*, qui spirant e plaga septentrionali ab initio Iulii usque ad finem Augusti, et aliquando ad medium Septembrem, spirant tantum interdiu, nocte cessant, neque matutine surgunt, unde nautae olim illos vocarunt somniculosos et delicatos : et *hibernos*, quos vocarunt etiam *chelidonios*, sive *ornithias*, suntque australes, canicularibus contrarii, et admodum debiles, inconstantes et minus continui; unde mare placidum reddunt et avium hibernarum, quas *chelidonas* Graeci vocant, adventum significant, quare etiam *ornithias* (2) seu *aviculares* illos appellant. Statim post brumam incipiunt et fere ad mediam aestatem spirant, donec etesiae caniculares, aquilones nimirum incipiant. In nostro Mari mediterraneo aestate fere constanter spirat ventus septentrionalis; hieme spirat ventus australis. Denique prope eorum marium littora, in quibus venti generales non dominantur, lenis ventus e mari versus littus ab hora secunda vel prima antemeridiana usque ad Solis occasum erumpit; deinde e terra versus mare post Solis occasum; hic ventus gallice *brise de mer* vocari solet. Venti denique *variabiles*, seu *liberi* et *vagi*, sunt illi, qui sine adhuc cognita lege, et cum mira variatione tum directionis, tum celeritatis, erumpunt; praecipue qui inferius in atmosphaera debacchantur; hi autem designari solent nomine punctorum cardinalium, vel collateralium, unde spirant.

969. Ventorum celeritas, ut cuique perspectum est, in infinitum varia esse potest : inter lene zephyrum et furentem turbinem omnes gradus intermedii dari possunt. Plurimum quidem insudaruut Physici, ut illam definirent, at frustra; venti namque nunc majori, nunc minori celeritate pollent. Observaute Mariotto, venti, qui tanta moventur celeritate, ut arbores sylvasque convellant, intra horae minutum 1″ pedes 32 parisienses percurrebant. Verum ex accuratioribus observationibus Derhami colligitur, ventos impetuosissimos tanta celeritate promotos fuisse, ut 66 pedes britannicos 1″ intervallo, et 45 milliaria britannica 1 horae spatio absolverint. Ventus, qui die 29 Novembris anni 1836 fureus debacchatus est, hora decima matutina Londini saeviebat, hora prima

(1) ab ετος, annus.
(2) ab ὄρνις, ιθος, avis,

pomeridiana Hagam, Emindam hora quarta, Hamburgum hora sexta, Stetinum hora $9\frac{1}{2}$ pomeridiana pervenit: ex quo colligitur illum 100 pedes parisienses, et amplius intra 1'' intervallum absolvisse. Sunt autem alii venti adeo tardi, ut equitem non praecurrant; alii qui modica celeritate praediti, 10 milliaria unius horae spatio conficiant. Media celeritas aurae lenis aestimatur esse milliariorum $4\frac{1}{2}$ unius horae spatio; venti autem impetuosissimi milliariorum 120 eodem intervallo.

970. Pro aestimanda ventorum vi, seu intensitate, quatuor gradus a Meteorologistis assignantur, quos numeris 1, 2, 3, 4, designant, prout venti vel arborum folia tantum agitant, vel teneros ramos incurvant, vel ramos grandiores flectunt, vel denique arbores ipsos infringunt atque eradicant. Idem ventus saepe non totam atmospherae altitudinem occupat; nubes enim aliquando vel immobiles consistunt, vel etiam moventur juxta directionem contrariam illi, secundum quam ventus movetur prope terrae superficiem. Celeritas ventorum, qui in altioribus atmospherae regionibus dominantur, aestimatur ex celeritate, qua nubium umbrae supra terram moventur: celeritas eorumdem in inferioribus aestimari potest plumam vel chartae frustum permittendo violentiae venti, et spatium mensurando, quod illa abrepta in tempore aliquo cognito percurrunt. Ad hunc finem exactius obtinendum inservit peculiare instrumentum, quod *anemometrum* (1) dicitur, quodque nihil aliud est nisi quadratum metallicum vel ligneum mobiliter infixum in ima parte arcus quadrantis verticalis, et venti directioni expositum, quod, quo ventus impetuosius spirat, eo altius ex hujus vi ascendit. Ad venti autem directionem indicandam inserviunt *anemoscopia* (2) seu laminae illae versatiles, quae supra aedificiorum vel turrium fastigia statuuntur.

971. Negari nequit, caussam ventorum generalem esse quidquid aequilibrium aeris destruit. Quum autem in aere aequilibrium a variis caussis abrumpatur; hinc variae assignari solent ventorum caussae. Inter eas praecipua est temperaturae variatio, ut diximus (967). Et re quidem vera, si caloris actione aer alicubi rarefiat, tunc dilatatur, majusque sibi vindicat spatium; quum autem fluida constanter ad aequilibrium tendant, evenire debet, ut proximiores aeris columnae in spatium atmosphaerae rarefactum praeterfluant; id quod fieri non potest quin in ea excitetur agitatio : inde ventus. Hujus rei exemplum videre poteris hiber-

(1) Ab ἄνεμος, ventus, et μέτρον.

(2) Ab ἄνεμος, ventus, et σκοπέω, video.

no tempore leviter aperiendo ostium alicujus cubiculi, in quo aer ex ignis actione fuerit rarefactus; statim persenties ventum non sine aliquo fragore per ostii rimam efflare, qui major erit vel minor, prout aer frigidus cubiculi externi majori vel minori celeritate in illud irrumpit. Ventus etiam excitari potest ex majori frigoris actione in aeris elasticitatem et fluiditatem; frigus namque aerem, vapores, et caetera in atmosphaera existentia, condensat; indeque ingens spatium relinquitur ferme vacuum: aer proinde proximus in hoc spatium antea ab iis corporibus occupatum plus minusve violenter irrumpit. Altera caussa ventorum sunt diversi generis vapores, qui alicubi in atmosphaera collecti, aerem ibi ita densiorem reddunt, ut cum vicino quietem rumpat. Hinc maxime ordinarium est, ut ab oceano venti profluant ad terras continentes, unde constans in civitatibus maritimis persentitur favonius; hinc etiam semper aliquis excitatur ventus quum tonat et fulgurat. Electricus ignis ex atmosphaera in tellurem descendens, vel ex hac in illam irrumpens, ventum etiam gignit: si namque artificialis scintilla electrica aerem perrumpit, ac ventulum producit; quanto magis electricismus naturalis? Denique effervescentiae corporum, quae in antris et cavernis sub tellure contingere solent, aliaeque hujusmodi caussae vel in terrae visceribus, vel supra telluris superficiem agentes ventum excitare possunt; cujus rei plurima refert exempla Muschembroekius (1).

972. His positis, facile concipitur, ventos *generales* et constantes, qui ab oriente spirant, quin a rotatione telluris circa suum axem, vel ab attractione lunari oriantur (ut quidam gratuito commenti sunt), nonnisi Solis actioni unice deberi. Concipiatur namque Sol in puncto aliquo supra aequatorem; nullo negotio intelliges ex ejus actione atmosphaeram sibi subjectam calefieri, vimque elasticam aeris imminui, ita ut aer frigidior tam ex parte boreali, quam ex australi in hoc aequatoris punctum irruat: sed interea tellus in suo motu ab occidente in orientem progreditur, et tractum aliquem longiorem calefacti aeris efficit occidentem versus extensum, qui pariter minus elasticus est, et a subsolano se insequente premitur; ergo manifestum est, aerem in hemisphaerio boreali urgeri a duabus plagis, septentrione nimirum et subsolano; unde ex compositione motus (73) ventus constans N. E. orietur; et ex simili ratione in hemisphaerio australi constans ventus S. E. locum habebit. Ventorum periodicorum caussae explicari possunt ex iisdem principiis, et ex eo quod Sol alternatim pergat ad tropicos; unde duo contrarii aerei torrentes generantur.

973. Ventorum *proprietates* desumendae sunt ex aeris temperie,

(1) Muschembroek. *Introd. ad Phys. T. II. cap. 41. n. 1367.*

diversisque vaporibus et exhalationibus, quibus aer ipse abundat: hinc spectari debent regiones et loca, e quibus spirant, vel per quae transfluunt. Quocirca in nostris regionibus *venti australes sunt calidi*, quia e regionibus ejusdem nominis adveniunt, ubi aer radiis solaribus maxime est calefactus, et arenae Libyci deserti plurimum concepti caloris emittunt. Sunt praeterea *humidi*, quia vapores, quos ebibunt dum transeunt supra mediterraneum mare, et quibus supersaturantur, secum deferunt. Ventus ex. gr., quem *Scirocco* vocamus, in Africae regionibus mediterraneo vicinioribus est ita aestuans, ut aliquando intra semihorae intervallum animantia enecet. Insulae Meliti et Siciliae eodem vento plurimum torquentur; civitates maritimae Italiae denique plus minusve hujus tristes effectus identidem persentiunt (1). Venti septentrionales sunt *frigidi*, quia e regionibus glacie, et nive coopertis spirant, vaporesque dissipant, sive reddunt aeriformes ob maximam aeris cum aqua affinitatem: hinc hujusmodi venti sunt etiam *sicci*; vapores namque nonnisi impendio calorici circumpositi fiunt aeriformes (520). Similia de reliquis dici possunt.

974. At *Venti procellosi*, *uragani*, undenam oriuntur? Eorum caussa nonnisi subitae imminutae aeris pressioni est tribuenda; at qui fieri possit ut ingens aeris tractus tam subito rarefiat, ut aeris fluxus tam impetuosus in atmosphaera excitetur, adhuc explicandum restat. Hujusmodi venti procellosi effectus intra zonam torridam sunt vere luctuosissimi (2). De *Turbinibus*, de ventis nempe, qui violentissime in gyrum acti, pulveres, paleas, aliaque id genus sicca corpora sursum elevant, secumque rapiunt in orbem, ac in columnae formam componunt, idem dicendum. Quamvis enim unus idemque ventus in obicem incurrens, coactusque redire in seipsum atque in orbem gyrare, vel duo venti oppositi obviam sibi invicem euntes esse possint eorum caussa, uti videre est in ipsis fluminibus, iu quibus aqua celeriter mota, si obstaculum ei

(1) Vide Lecoq, loc. cit. Part. II. Chap. VI. §. II.

(2) Ut hujus terribilis phaenomeni aliqua notio habeatur, liceat Dni Pouilleti verba heic afferre: « Per dare una giusta idea di questi effetti riferiremo quì il disastro cagionato dall'uragano che devastò la Guadelupa nel 25 Luglio 1825, che è uno dei più famosi. Alcune case solidamente edificate furono eguagliate al suolo; un edifizio nuovo fabbricato a spese del governo con la maggior solidità, ebbe un'ala interamente abbattuta. Il vento portava gli embrici con tale velocità, che molti entrarono nei magazzini perforandone le porte che avean molta grossezza. Una tavola di abete lunga *un metro*, larga *due decimetri* e *mezzo*, e grossa *ventitre millimetri*, si moveva per aria con tale velocità, che attraversò da una parte all'altra un fusto di palmizio di *quarantacinque centimetri* di diametro. Un pezzo di legno di *venti centimetri di base*, e di *quattro in cinque metri di lunghezza*, menato dal vento sopra una strada di ferro battuta e molto traficata, vi restò per circa *un metro* conficcato nel suolo. Una bella inferriata posta innanzi il palazzo del governatore fu interamente rotta. Tre cannoni da 24 furon trasportati fino al muro della batteria, in cui erano chiusi.» *Pouillet, loc. cit. num.* 518.

objiciatur, in gyrum quasi celeriter et cum impetu circumagitur; haec tamen explicatio non omnia eximit scrupula.

ARTICULUS SECUNDUS

DE METEORIS AQUEIS.

975. *Meteora Aquea*, duce Kaemtzio, omnia atmosphaerae phaenomena vocamus, in quibus producendis aqua magnam habet partem, sive in statu liquido, sive in statu solido, sive denique in statu aeriformi illa fuerit. Quum autem aqua haec phaenomena in atmosphaera producens sub *vaporis* forma plerumque sese praebeat; ipsorum vaporum originem, naturam, et species hic expendamus oportet.

976. Quodcumque ex terra in altum ascendit, generatim loquendo, vocatur *vapor*, vel *exhalatio*: *vapores* constant ex quibuscumque aquosis et humidis partibus: *exhalationes* ex partibus exilissimis nec aqueis, nec humidis quorumcumque corporum firmorum vel fluidorum. Vapores oriri ex aqua, res est omnibus notissima: nimirum aqueae particulae *vi calorici* solvuntur, e statu *liquido* ad statum *fluidum* transeunt, a particulis adhuc liquidis separantur, ac fiunt volatiles, ut vidimus (519). Id potissimum contingit in aqua pura, dum ad temperiem graduum 80 R., seu 100 C. et ad altitudinem barometr. poll. 28 ebullit (518). Et quamvis veteres putaverint, vapores in liquidorum superficie efformari ob aeris actionem solventem, eo prorsus modo, quo sales in aquis solvuntur; hodie tamen comperta res est, *ex sola calorici* actione eosdem efformari (521); adeoque sufficere solam ordinariam aeris temperiem ut aqua in vapores redigatur; huncque effectum celerius obtineri ex intensiori actione caloris solaris, et ex calida fermentatione. Hinc caeteris paribus, evaporatio est copiosior aestate, quam hieme; interdiu, quam noctu; in zona torrida, quam in temperatis, aut frigidis; dum aqua conglaciatur, quam dum in glaciem est conversa; dum enim aqua solidatur, amittit sui calorici partem aliquam (520); hoc itaque caloricum avolans secum defert vapores. Ex quo sequitur etiam, fieri posse ut aer, qui nobis siccus et sudus videtur, majorem vaporis copiam in se dissolutum retinere queat, quam aer, qui humidus nobis apparet.

977. Triplex porro est vaporum species; alii enim sunt *elastici* sive *soluti*, alii *vesiculares*, alii *concreti*. Priores generantur, ub particulae aqueae vi calorici ita perfecte solvuntur, ut evadant ipso aere leviores, cum eo misceantur, sint *invisibiles*, et eidem aeri persimiles. His vaporibus non caret aer siccus et sudus (976), cujus gravitatem augent. *Vapores vesiculares* inde oriun-

tur, quod aer ita vaporibus saturatus sit, ut novos nequeat perfecte dissolvere : unde fit ut hi vapores calorico conjuncti innatent, et in sphaerulas exilissimas seu bullulas levi substantia aerea plurimum electrificata repletas sese conforment. Ex his nebulae, nubesque efformantur, eorumque gravitas gravitatem aeris solet exaequare. Denique vapores *concreti* ex eo procedunt, quod particulae vaporosae, quibus constant vapores vesiculares, sint adeo copiosae, ut compositum ex iisdem et ex calorico coalescens sit ita proximum *decompositioni*, ut sive frigore, sive aeris pressione aliquo modo densatum tenuissimas, et fere omnino aqueas efformet guttulas, quae caeteroquin tum vi calorici, tum aeris agitatione per tempus aliquod haerent suspensae.

978. Quum itaque plurimum aquei vaporis semper cum aere sit commixtum, et in poros plurimorum corporum penetret ; occasionem hinc sumpserunt Physici ut Instrumenta excogitarent, quae vaporis aquei in aere latentis copiam ostendant. Duplicis generis sunt ejusmodi Instrumenta : vel enim aestimando humiditatis gradui, qui in dato aeris volumine continetur, inserviunt, et *Hygrometra* (1) vocantur ; vel ad designandam dumtaxat variationem humiditatis in aere, quin ejus gradum dimetiantur, sunt comparata, et dicuntur *Hygroscopia* (2). Ex variis materiis et multiplici modo construi possunt hujus generis Instrumenta : omnia autem tribus principiis innituntur ; quaedam enim agunt *per densationem*, quaedam *per absorptionem*, quaedam denique per *evaporationem*. Quoniam autem longius, quam par est, progrederemur, si de omnibus hic sermonem instituere velimus ; pauca tantum dicemus de hygrometris usitatioribus, quae plerumque *ex principio absorptionis* construi solent. Qui plura cupit, adeat Pouilletum (3); ibi namque fuse descriptum inveniet tum *hygrometrum ex capillo* a Dno. Saussure excogitatum, tum *hygrometrum Dni. Daniell* per densationem agens, tum denique *psicrometrum Dni. August* Berolinensis, quod per evaporationem agit.

979. Hygrometra, et hygroscopia, quae per *absorptionem* agunt, nituntur proprietate, qua substantiae quaedam praeditae sunt, humiditatem ad se attrahendi. Substantiae hujusmodi in humido ambiente constitutae, aqueum vaporem absorbent, et quo magis eo imbuuntur, in ipsis minuitur facultas ipsum ad se attrahendi, donec ad punctum saturationis perveniatur. Ibi namque haec capacitas omnino cessat, quia duae vires, *tensionis* nempe aquei vaporis, et *adhaesionis*, qua illae substantiae vaporem ad se alliciunt, aequales

(1) Ab ὑγρός, humidus, et *μετρον*, mensura.
(2) Ab ὑγρος, et σκόπεω, video.
(5) Pouillet, Phys. loc. cit. n. 520.

evadunt. Corpus hygroscopicum in hoc casu maximo ponderis augmento ab illo humiditatis statu determinato praeditum invenietur, vel in suis dimensionibus maximam mutationem ab eadem humiditate permissam experietur. E contrario si corpus humiditate saturatum in sicco aere ambiente disponatur, vis tensionis liquidi, quo illud imbutum est, adhaesionis vi praeponderabit, et pars ejusdem liquidi in vaporem abibit, pondus, et dimensiones, quibus antea erat instructum, resumens. In priori casu corpus hygroscopicum aeris ambientis humidi erit indicium, in posteriori vero ambientem siccum designabit. Hinc ad hygrometrorum constructionem in auxilium vocati fuerunt capilli, animalium pelles, chartae, pergamenae, ossa cete, fides ex animalium nervis concinnatae, quae facile humiditatem ebibunt, ob quam suum pondus augent, et in suis dimensionibus immutationem patiuntur. Harum omnium substantiarum longitudo ex humiditate generatim augetur; in aliquibus autem contrarius effectus producitur; funes cannabinae, ex. gr., ex humiditate breviores redduntur, et magis contorquentur (1): qui effectus a diverso modo, quo ejusmodi substantiae praeparantur, pendet. Sed et quisque secum fert hygroscopium nescius; crines suos observet; humido aere demissi sunt, sicco crispantur. Ligna, valvae, fenestrae et similia, tempore humido intumescunt, detumescunt sicco, per insinuationem et expressionem vaporum; et muta oracula sunt, quae praesentem aeris statum enarrant. Pari ratione, quaedam substantiae alcalinae et salinae, inter quas potassa, chlorurum calcis, sal communis etc. humiditatem ebibunt, suumque pondus augent. Omnes itaque substantiae, quae cum vapore adhaesionem habent, ad conficienda hygrometra et hygroscopia, quae *ex absorptionis principio* agunt, adhiberi possunt. Hinc ejusmodi hygrometra, vel melius hygroscopia usitatiora sunt, et multiplici sub forma ab artificibus construuntur: fiunt enim ex animalium pelle, vel ex pergamena, vel ex calamo, quo ad scribendum utimur, quae omnia mercurio replentur, et tubo ad thermometri modum in gradus diviso adnectuntur; quum enim animalium pelles, pergamena, et calamus tempore humido dilatentur, tempore autem sicco restringantur, efficiunt ut mercurius in priori casu in tubo descendat, in posteriori vero sursum ascendat. Fiunt etiam plerumque ex nervis, seu fidibus ex animalium nervis concinnatis, quae faci-

(1) Hoc principio nisus Dominicus Fontana quondam celebre illud artificium Romae in elevando Obelisco Vaticano ad Basilicam S. Petri excogitavit: quum enim trochleae adhibitae jam jam se mutuo tangerent, et funes ex vehementi attritu calefactae et distentae officio suo fungi amplius nequirent, unde fiebat, ut obeliscus nondum in situ verticali debito consisteret; consilium cepit sibi datum a quodam ex plebe adspectante subito madefaciendi funes, qui hinc breviores redditi, molem illam in situm rectum adduxerunt. Vide hanc curiosam historiam in Opusculo Francisci Cancellieri, *Descrizione della Basilica Vaticana*. § II.

le ex humiditate torquentur, eaque torsio humiditatis gradui proportionalis efficit ut alicujus imagunculae brachium versus coelum erigatur, ubi tempus fuerit siccum, versus terram demittatur tempore humido ; vel etiam in priori casu, alicujus monachi caput discooperiatur, in altero vero caputium ejus capiti imponatur. Omnia tamen haec Instrumenta eo vitio premuntur, ut diximus, quod non veram humiditatis mensuram, sed dumtaxat statum aeris magis vel minus humidum pro temporum diversitate designent, et successu temporis effectu suo orbentur, pristinamque amittant sensibilitatem.

980. Humiditas, quam in aere deprehendimus, non eadem est, ac quantitas absoluta vaporis aquei in aere existentis: humiditas enim, quae sensibus fit obvia, a duabus caussis pendet, nempe a quantitate vaporis aquei in atmosphaera existentis, et ab hujus temperatura. Sic hiberno tempore idem aer magis humidus apparet, quamvis minus vaporis aquei contineat; aestate vero, quamvis permultum vaporis contineat, nobis tamen siccior videtur, non alia sane ex caussa, nisi ex eo quod aucta temperatura efficit ut vapores in statu perfectae solutionis existant (977). Nostris sensibus itaque aer eo magis est humidus, quo facilius vapores in eo existentes ad statum liquidum rediguntur; id quod ex caloris subtractione evenire manifestum est (517). Aeris status hygrometricus variationes tum diurnas, tum annuas subit. Kaemtzius ex suis observationibus Halae confectis, sequentes illationes deduxit. 1.° Oriente Sole, quantitas vaporis aquei in aere est minima. 2.° Quo altius Sol assurgit, aer siccior evadit, quamvis novis vaporibus oneretur; ejus maxima quantitas habetur eodem tempore, quo maxima temperatura. 3.° Aestate, quantitas vaporis a mane usque ad meridiem augetur; horis pomeridianis minuitur usque ad horam maximae temperaturae; deinde iterum augetur usque ad Solis occasum ; ac demum rursus minuitur usque ad ejusdem ortum. 4.° In litore maris a mane ad horas pomeridianas augetur. 5.° In montibus hoc augmentum interdiu, et diminutio ad vesperam fiunt celerrime. 6.° Mense Januarii haec quantitas est minima; mense Julii et Augusti est maxima; quamvis ob elatiorem temperaturam tunc siccior appareat; deinde iterum decrescit usque ad mensem Januarii, in quo minimum gradum attingit. 7.° Quantitas vaporis aquei minuitur ab Aequatore ad Polos. Supra maris superficiem aer est fere statui *saturationis* proximus, ita ut si vel minimum temperatura deprimatur, statim hic vapor ad statum liquidum transeat, et in pluviam resolvatur. In locis mediterraneis aeris siccitas est maxima, ut videre est in Africae desertis, in Russiae, Novae Hollandiae locis intimioribus. 8.° Quamvis vaporum densitas minuatur prout hi altius in atmosphaeram ascendunt, non semper verum est, aerem esse sicciorem

in superioribus, quam in imis atmosphaerae regionibus: id namque contingit dumtaxat tempore sereno; at tempore nubilo, in quo montes apparent nubibus tecti, aer est vaporibus saturatus, et tam in summis montibus, ac locis elatioribus, quam in planitie eamdem continet vaporum copiam. Quin imo, idem Kaemtzius refert, anno 1833, qui fuit maxime pluvius, humiditatem mediam supra montem *Faulhorn* (2683m. supra maris libellam) fuisse 85°, 5, dum Tiguri (Zurigo) fuit dumtaxat 75°, 3. Denique 9.ª ventos actionem maximam in aeris humiditatem exercere: scimus namque, generaliter loquendo, ventos boreales et orientales esse sicciores ventis australibus vel occidentalibus.

981. His de vaporibus raptim praemissis, nunc ad ipsa meteora aqueá exponenda transeamus. Ea sunt *aura serotina, ros matutinus, nebula, nubes, pluvia, nix, grando, et vortices turbinei, seu tubae.*

982. *Aura serotina.* Aura serotina *(il sereno)* est humor, qui instar pluviae prorsus insensibilis, imminente nocte, ex aere decidit, et terrestria corpora perfundit. Haec in nostris regionibus aestate proditur, et occidente Sole, praesertim in vallibus et planitie, iis in locis, quae a fluminibus, vel aquis stagnantibus parum distant. Hac autem ratione fieri concipitur. Quando vehemens fuit calor diurnus, et occidente sole aer frigescit, vapores ex Solis actione in atmosphaeram elati, et per eam grassantes, ea densiores fiunt, sicque in guttulas aere graviores, licet oculis impervias, collecti, super terram decidunt, vestesque madefaciunt.

983. *Ros matutinus.* Ros matutinus (*la rugiada*), qui creditus fuit olim a Luna, roris matre dicta, generari, nihil aliud est, quam vaporum congeries, qui noctu in minutissimas guttulas herbis, plantis, aliisque corporibus sub dio positis adhaerentes, sese conformant. D.r Wells Anglus, cujus Dissertatio *De rore* anno 1816 a Societate Regali Londinensi coronari meruit, sic illum explicat; ejusque explicationem Physici fere omnes amplectuntur. Quum atmosphaera, omniaque corpora terrestria nocturno tempore, placido praesertim ac sereno, caloricum versus spatia coelestia emittant, frigore corripiuntur, sed non omnia eodem gradu. Aer suum caloricum servat magis quam alia corpora: hinc omnia evadunt aere frigidiora, alia quidem 1°, alia, 2°, 3°, alia denique 10, vel 12 gradibus. Caussae, propter quas corpora haec magis frigore corripiuntur, quam aer, sunt 1.ª diversa potentia calorici emittendi, et conducendi, nec non eorumdem corporum dimensio; 2.ª status coeli corporumque circumjacentium; 3.ª ipsorum corporum positio obliqua vel recta, et modus, quo ventis, vel aereo torrenti sunt exposita. Flantibus ventis, haec frigoris differentia inter varia corpora aut minima est, aut nullo modo conspicitur; nam quo tempore corpora propter calorici radiationem refrigerantur, aer ad

suam temperiem illa omnia redigit. Tempore nubilo idem evenire debet: nam caloricum a nubibus emissum et a diversis corporibus diverso modo absorptum aequalitatem temperaturae inter ipsa et circumpositum aerem producit. Haec principia, addita insuper ratione jam antea (982) exposita, quae ex vaporis densatione petitur, rationem reddunt omnium tum roris, tum pruinae phaenomenorum. Animadvertendum non eamdem esse ubique locorum, aut quovis anni tempore roris quantitatem. In locis humidis ac paludosis solet esse multo copiosior, quam iu siccis; in illis enim magis abundant vapores; in Asiae, et Africae desertis, ex. gr., ros penitus ignoratur. Non omnia corpora aeque excipiendo rori sunt apta; aliqua corpora veluti ab eo refugiunt, dum idem aliis facile adhaeret. Vitrum, porcellana, paleae, folia, metalla nigro pigmento praesertim illita, et alia diversi generis corpora, quae caloricum non bene conducunt, quamvis eodem loco exposita, suam constanter retinent siccitatem.

984. Rorem a vaporibus in atmosphaera innatantibus ortum cave ne confundas cum alia roris specie, quae consistit in iis guttulis, quae ante Solis ortum conspicuae sunt in arborum et plantarum foliis et truncis. Ros ille namque nihil aliud est, quam plantarum expiratio et veluti sudor. Sane nutritius plantarum et herbarum succus pars ipsarum vegetationi et nutritioni inservit, pars vero per illarum poros exhalans, foris erumpit sudoris instar; sed hic sudor interdiu a vento et calore diurno abripitur atque elevatur; noctu autem, ingruente frigore, et aere tranquillo densatur, atque foliis, et truncis inhaerens, guttarum formam induit. Id autem Muschembroekius ex sequenti experimento evidenter intulit. Plantulas aliquas vitrea campana ita occlusit, ut ipsae neque aeri externo, neque vaporibus e solo erumpentibus paterent. Quum eas identidem inviseret per noctem, observavit has majori roris copia esse conspersas, quam aliae ejusdem speciei et aetatis plantulae, quae prope sub dio consitae erant. Deprehendit etiam, quando siccus spirabat ventus, plantam inclusam semper esse rore onustam, dum aliae plantae eo prorsus erant destitutae. Hic ros tum situ, tum copia, tum magnitudine, tum adhaesione, tum denique indole, pro plantarum vel herbarum diversitate, diversus esse potest, et aliquando etiam noxius; unde prudenter opiliones non summo mane statim per roscida educunt gregem, sed tantisper expectant, donec Sol rorem resorbuerit.

985. *Pruina*. Pruina nihil aliud est, nisi ros vehementi frigore in glaciem concretus; ex quo fit ut sub forma nivis tum terrae tum plantis adhaereat. Eadem saepius conspicitur etiam in parietibus aedificiorum, ad quos valde antea frigefactos, vapores aquei a subita temperaturae mutatione enati, adferuntur, atque ibi ob frigus

adhuc retentum, conglaciantur. Conspicitur etiam saepius hieme, cujus frigus barbas et capillos virorum, animaliumque pilos, vel lanam cana vestit aspergine, dum a frigoris intensitate exhalationes hominum, et pecudum ab aere statim in glaciem coguntur. Hiberno tempore, ubi clausae sunt fenestrae, quamdam pruinae speciem exhibent internae superficies vitrorum earumdem. Ejus rei ratio est, quia internus aer cubiculi aere externo calidior est: quum autem calor sese expandere nitatur, ut sese in equilibrio componat (484), libere pervadit vitrum, dum vapores cum ipso calore delati, utpote crassiores, quam ut vitri poros subeant, eidem vitro adhaerescunt, et frigore conglaciantur. Diversus ordo, ac tempus, quo hi vapores ad vitrum accedunt, et quo secundum propriae affinitatis leges inter se disponuntur, in caussa est, cur haec pruinae species figuras exhibeat diversas, quasi penicillo delineatas. Denique pruina, quae *verno tempore* molliores herbas et flores decoquit et exsiccat, olera autem duriora reddit mollia, non aliunde suam repetit originem, nisi ab humorum, quibus tenellae plantae virides, earum gemmae et flores scatent (984), expiratione; quae expiratio in atmosphaeram frigidiorem incurrens, statim conglaciatur, plantarumque fibras lacerat. Quum tempore sereno aer siccior sit in collibus, adeoque nullus, aut parcior ros ibidem existat; fit ut saepius in loco humili, aquoso, ubi multum roris generatur, vineae perdantur a pruina; in locis vero elatioribus salvae maneant. Luctuosis pruinae effectibus occurritur plantas storea, panno, vel tegumento quocumque obducendo. Juvat interdum ingentem accendere ignem : fumus namque quum plantarum radiationi obsistat, easdem gelascere impedit.

986. *Nebula.* Nebula est congeries vaporum crassiorum prope superficiem Telluris, ut idcirco plurimum lucis intercipiant, atque aerem solito opaciorem reddant. Vaporibus interdum admiscentur exhalationes, quae quandoque malae sunt indolis : et tunc foetet nebula, sanitati noxia est, plantis fructibusque infesta (1). Nebulae aliae a solo erumpunt, aliae vero ex alto ad solum ipsum veluti illabuntur. Priores ex eo oriuntur, quod aer aliis vaporibus saturatus, novos vapores e solo erumpentes absorbere ac dissolvere nequeat; unde hi in vapores vesiculares conformantur, qui, si ipsorum gravitas sit aequalis gravitati aeris inferioris, prope solum persistunt, sin vero sit minor, in altum elevantur. Fumus, qui ex vase aqua calida pleno extollitur, verae nebulae specimen nobis

(1) Inde etiam veteribus videbatur oriri *rubigo* segetum, pulvis nempe ille flavus, aut subniger, qui adhaerescens segeti, hanc ipsam veluti coquit et corrumpit, indeque grana quasi corrugat, reddit exsucca, privat farina, ac folia ipsa vitiat, tristique pallore inficit. Hodie tamen Agronomi docent, hoc vitium suam originem ducere a quadam plantula ex fungorum familia, quam *ecidium* vocant.

exhibet. Nebulae ex alto in solum descendunt praesertim mane et vespere : mane quidem ; aer namque oriente Sole rarescit, antequam vapores calorem concipiant, ineptusque redditur sustinendis vaporibus ipsis antea elevatis; unde tunc hi specifice graviores redduntur, et lente descendunt: vespere autem; tunc enim iidem vapores interdiu magno Solis aestu elevati, hoc occidente, refrigerantur, densantur, solum petunt, et in nebulas sese conformant. Numquam porro nebulae oriuntur, nisi aere tranquillo : a vento namque fortiori dispelluntur et disjiciuntur. Frequentius hieme cernuntur ob frigus aerem densans, et vapores propius sibi invicem admovens ; unde hieme quoque nebulam ex ore prodeuntem cernimus, si halitum efflamus. Universim frequentiores esse solent tum in locis humidis, et frigidis, ubi major vaporum copia generatur, et pluribus diebus perdurat quin a Solis calore dissipetur; tum etiam in locis humilioribus, ubi venti non eam habent efficaciam, ut vapores adeo facile ac frequenter dissipent. Denique nebulae oriri possunt etiam ubi ventus frigidior vento calido, qui aqueo vapore fuerit saturatus, occurrit. Ex omnibus his principiis intelligitur ratio, cur regiones, ubi aer autumno, hieme, et vere est humidus ac frigidus, uti sunt Anglia, Hollandia, et Terra-Nova, frequentius ac diutius densissima nebula obteguntur, dum interim aer est relative calidior ob ventorum aequatorialium torrentes.

987. *Nubes.* Nubes est nebula in sublime elata. Illae, quae saepe observantur circa montes elatiores, efformantur quum duo venti humidi, diverso caloris gradu praediti, in montium cacumine sibi mutuo occurrentes, colliduntur. Illae autem, quae supra planitiem pendulae existunt, eidem caussae debentur, necnon densationi vaporum, qui copiose attolluntur in easdem atmospherae regiones, quae quum sint nimium frigidae, ipsos in elasticitatis statu continere non valent. Ipsa etiam contraria electricitas in caussa esse potest, cur vapores alii aliis uniantur, et nubes efformentur. Nubes autem a nebula generari, ex eo inferre possumus, quod peregrinatores, qui altissimos montes nubibus cinctos ascenderunt, semper ibi nihil aliud nisi nebulas offenderunt, nec unquam aliquid firmae alicujus molis aut expansionis, ut nobis inferius positis videtur. Equidem si fumum attente inspiciamus ex carbone terrestri aut stipula accensa erumpentem, dum placidus est aer, et silent venti ; tunc eum videbimus intra partes aeris sese insinuantem, donec quamdam nubis speciem efficiat, quae ab aliis nec colore, nec opacitate differat. Urbes quoque magnae eminus inspectae, nube densissima tectae apparent, ob fumos perpetuo ascendentes ; cominus autem aspectae nihil nubilosi tenent. Diversam nubium a terra distantiam evidenter cernimus, dum altiores earum post occasum adhuc a Sole illuminantur, et dum diversae aliquando in contrarias plagas moventur.

988. In nubibus consideranda sunt figura, et color. Figura nubis diversa esse potest, rotunda, angulata, vel alterius formae, prout vapores in sublimi aere densati, circumstantibus ipso aere, montibus, ventis, aut aliis ejusmodi varie comprimuntur. Varia nomina sortiuntur, pro varia earum figura. Vocatur *stratus* nubes illa, quae duobus planis horizontalibus terminatur; hujusmodi sunt illae, quae versus Solis occasum prope horizontem aliquando observantur. *Cumulus (nubes cumulata, densa, sursum crescens)* est nubes illa grandior plus minusve rotunda, montes imitans, quales sunt illae, quae aestivo tempore se se produnt, et a nautis *balle di cotone* vocantur. *Cirri* (*nubes cirratae tenuissimae, quae undique crescunt*, et a nautis *code di gatto*) dicuntur illae, quae veluti tenuia filamenta, leves plumas imitantia, in altioribus regionibus post tempus perfecte serenum disseminari incipiunt. Hae nubes prae omnibus aliis ad excelsiorem altitudinem suspenduntur. Pr Ricciolus, instituta geometrica mensura, ipsas non ultra 5000 passus, seu 5 milliaria italica evehi invenit. Dnus Kaemtz earum mediam altitudinem 6500 metr. non excedere autumat. Temporum mutationes istae generatim annuntiant; nempe pluviam ingruentem aestate, frigus vero aut glaciem hieme. Cumuli formantur mane in serenis aestivis diebus, brevi altius assurgunt, extenduntur, et plerumque in pluviam resolvuntur. Reliquae nubes vocantur *cirro-cumulus*, vulgo *cielo a pecorelle; cirro-stratus; cumulo-stratus*; *cirro-cumulo-stratus*, vel *nimbus*, ubi plures nubes diversae formae conjunguntur, et pluviam emittunt. Denique nubes varios exhibent colores, prout hos vel illos radios reflectunt, aut transmittunt. Sic quum lux a nube nullatenus aut parum transmittitur, nubes est atra, pluviamque notat futuram; quod nimirum nubes parte sua inferiori in aquam jam fuerit conversa, aut statim sit convertenda. Quum idem lumen a nube remittitur, mutato radiorum incurrentium ordine, tunc nubes est candida, serenitatemque futuram indicat, quod videlicet nubes distinctis globulis concreta in auras facilius evanescat. Ubi denique radiis rubris dumtaxat transitum permittit, tunc rubeum induit colorem.

989. *Pluvia.* Quando vapores vesiculares, ex quibus constant nubes, quavis ex caussa densantur, tunc simul collecti in guttas coeunt; sicque pari aeris volumine graviores facti amplius non librantur in aere; in terram igitur decidant necesse est. Tunc habetur *pluvia.* Vapores in aquam conversi non semper eadem forma, nec eadem celeritate in terram descendunt. Si aer fuerit siccus, guttae in suo descensu partim evaporabuntur, et plus aquae in elatiores montes, quam in planitiem decidet; si aer fuerit humidus, et vaporibus saturatus, guttae decidentes eos ad se attrahent, majores fient, et tunc pluvia erit copiosior in planitie, quam in altis montibus. Guttatim

autem vapores terram petunt, tum quia nubes non tota simul in pluviam convertitur, tum quia deorsum tendendo, ejus partes ab aere resistente fixae guttularum formam debent assumere. Pro diversa guttularum magnitudine, pluvia diversum nomen sortitur: si guttulae sint minutissimae, dicitur *stillicidium;* si grandiores, *imber*; si maximae, *nimbus* appellatur. Fortasse quaevis pluvia initio est stillicidium; at prout guttulae primum minutissimae inter cadendum obvios vapores sibi consociant, in imbrem vertitur aut nimbum; idque ex eo patet, quod ii qui in valle positi sunt, et crassiores imbris guttas excipiunt, si in montem ascendant, tunc longe minores guttas ex eadem nube decidere deprehendeut. Haec est etiam ratio, cur aestate praegrandes guttae interdum visuntur: quia quum aer sit multo rarior, quam per hiemem, vapores altius evehuntur, adeoque e sublimiori loco descendunt; et minutae guttae obvios vapores inter cadendum sibi consociantes, grandiores evadunt.

990. Praecipua pluviae caussa sunt venti; hi enim flatu suo nubem vaporibus foecundam condensant, ex eaque illos veluti exprimunt. Fieri quoque potest, ut nubes vaporibus foecunda ventorum vi in montes et nemora impellatur, et tunc eosdem vapores densatos, et in guttas coactos demittat. Quin etiam duo venti contraria directione spirantes nubem ejusmodi foecundam comprimere possunt, et magnam aquarum vim in terras effundere. Beccaria (1), aliique plures opinati sunt, nubes in aquam resolvi a contraria electricitatis actione; eique potissimum adscribunt pluvias procellosas, quae aestivo tempore summa vi decidunt, fere jugiter coelo fulgurante ac tonante. Puro etiam, nullisque nubibus nebulisque obducto aere, pluviam aliquando decidere compertum est: nam tranquillo coelo, aestuque magno ac quasi suffocante, adeo ingens vaporum copia e solo scatet, ut ipsi mox, remisso calore, densati, antequam nubem effecerint, deorsum decidant.

991. Determinatio quantitatis pluviae, quae dato tempore, ex. gr. unius anni intervallo, super eamdem regionem decidere solet, Meteorologis est scitu maxime necessaria: ex hac enim cognitione plurimum adjuvantur Agricultura, climatum designatio, fluminum directio, fontium inquisitio, et alia ejusmodi. Instrumenta, quae ad hunc finem adhibentur, *udometra*, vel *pluviometra* vocantur, et multiplici forma construuntur. Simplicius udometrum est vas cylindricum vel prismaticum (Fig. 166) satis superque amplum AB, cujus diameter plerumque 20 centimetra exaequat, et altitudo est 30 centim.; superne apertum, inferius in tubum incurvum *cd* desinens, cujus brachium *ef* in centimetra et millimetra divisum

(1) Beccaria, *Dell' elettricità naturale ed artificiale* L. 2.

sursum attollitur. Cylindrus AB in media sui parte diaphragmate *gh* ad infundibuli formam concinnato instructus est, a quo evaporatio aquae in recipientis fundo collectae impeditur. Hic apparatus aquae libere decidenti in loco aperto, sed ventibus subducto, exponitur. Altitudo namque, ad quam aqua in tubi brachio *ef* assurgit, gradibus in eo signatis indicata, pluviae quantitatem designat. Elapso anno, sibi invicem adduntur omnes aquae quantitates, sicque innotescit tota aquae pluvialis summa, quae per 12 menses decidit. Non semel observatum est pluviae quantitatem in duobus udometris ad diversam altitudinem collocatis esse majorem in eo, quod in loco inferiori positum erat; etiam si haec altitudinis differentia fuerit minor 100 pedibus. Pouilletus tabulam refert, in qua signantur observationes, quas ipse confecit ab anno 1817 ad annum 1838 in duobus udometris, quorum unum in atrio Observatorii Parisiensis existit, alterum vero in ejusdem Observatorii solario ad 28 metr. altitudinem est positum: inde eruitur, mediam pluviae quantitatem in atrium delapsam, si cum illa conferatur, quae in solarium illabitur, esse fere ut 12 : 10. Hujus differentiae caussam plures Physici ex eo repetunt, quod frigidiores aquae guttae in imum delabentes, densent vapores sibi obvios, eorumque augeant quantitatem. En quantitates medias pluviae, quae in aliquibus locis decidit.

In Insulis Antillis (S. Domingo). . . . centim.	308
In Carferoniana (nella Garfagnana).	249
Genuae.	140.
Mediolani.	96
Neapoli.	95
Venetiis.	81
Romae.	80
Ferrariae	60
In Apulia (Melficti)	51
Petropoli	46

992. Generatim loquendo, pluviae copiosiores sunt in aequatorialibus regionibus, ubi major est evaporatio, et major vaporis quantitas in atmosphaera diffusa est. In regionibus, ubi spirant venti *alisei*, supra mare sunt prorsus nullae, et coelum ibidem est semper serenum; saepe tamen pluit in zona inter eas interposita, ubi ventorum oppositorum actio eliditur, et nulla evadit, quae proinde, ut diximus (968), *malaciarum* regio appellatur. Supra terras vero, ubi regularis horum ventorum cursus a pluribus caussis perturbatur, *duo sunt anni tempora*, nempe *tempus pluviae*, et *tempus siccitatis*. In ea parte Americae Meridionalis, quae ad aequatoris se-

plentrionem existit, aer est siccus a mense Decembri ad mensem Martii ; a mense Aprilis vero incipit tempus pluviae. In Africanis regionibus prope aequatorem positis tempus pluviae incipit etiam a mense Aprilis ; in regionibus ad 10° latitudinis N. positis, prope Senegal, tempus pluviae incipit a mense Junii, et usque ad mensem Septembris perdurat. In Indiana peninsula tempus pluviae est quando spirant venti *moussons* ; in parte occidentali quidem ubi spirant *moussons* a S. O. ; in parte orientali vero quando spirant *moussons* a N. E. Immensa aquae quantitas, quae in his pluviis periodicis decidit, inundationes etiam regulares in iisdem regionibus producit ; ut evenit in AEgypti vallibus, quae ab aqua Nili fluminis extra suum lectum hac de caussa emergente foecundantur. Idem evenit in paludibus Xerayes in Paraguay. Prout autem ab aequatore recedimus, haec regularis pluviae ac siccitatis vicissitudo evanescit, ac in zonis temperatis indiscriminatim pluit quolibet anni tempore. Nostris in regionibus pluvia est copiosior aestate quam hieme ; at dies pluviales sunt magis hieme quam aestate: pluit magis interdiu, quam noctu (1).

993. Quum pluvia ex alto decidat, necesse est ut inter descendendum sibi adjungat, secumque deferat exhalationes quascumque in aere offenderit. Quare aqua pluviae numquam pura est, sed pluribus substantiis inquinata, pro varia anni tempestate. Atque hinc explicari possunt *pluviae* illae *prodigiosae*, quae scilicet praeter usitatum naturae ordinem cadunt. Earum frequens est mentio apud veteres. Pluviae instar sanguinis rubeae tam frequenter memorantur apud antiquos ac recentiores, ut de iis dubitare fas non sit. A veteribus hae pluviae rubro colore tinctae pro sanguineis pluviis habitae fuerunt : at ipsas non esse verum sanguinem probant accuratae Physicorum observationes. Sanguineus iste color aquae potest accedere ab insectis rubicundis in ea innatantibus ; ex erucis, quae e crysalide exeuntes dum in papiliones abeunt, guttas relinquunt sanguineas ; et ex aliis ejusmodi rubris exhalationibus aquae permixtis. Idem dicendum de pluviis, in quibus sulphur, cinis, lana, lac, butyrum, triticum, imo ranae, et bufones coelo decidisse dicuntur. Chladni harum diversae speciei pluviarum accuratissimum catalogum retexuit ab anno 472. post Christum na-

(1) Plurima assignari solent pluviae ingruentis indicia : praecipuum est Sol in ortu clare affulgens, aut caeruleo colore tinctus ; signum est enim in aere magnam esse vaporum copiam. Eadem est ratio Lunae pallidae. Sic quum stellae plus aequo scintillant, et lasciviunt, pluviam protendunt ; flavae itidem nubes circa Solis ortum pluviam praenunciant ; nam vapores Sole oriente sursum tolluntur, et in pluviam resolvuntur. Ex animantibus etiam, et aliis rebus agricolae et opiliones solent pluviae indicia colligere, quae tamen saepe saepius fallunt : at nullum certius futurae pluviae signum, quam illud, quod ex Barometro colligitur ; quo enim magis mercurius in eo descendit, eo magis aer est levior, adeoque humidior.

tum usque ad annum 1826 : quem, si libet, excurrere poteris in Lecoq (1) et in Fallens (2).

994. *Nix*. Ubi vapor aqueus ex nubibus haud longe a terra dissitis decidens atmosphaeram ad temperaturam 0° proximam offendit, per aera conglaciatur, et nivem efformat; si autem thermometri mercurius infra 0° deprimitur, nix est minus copiosa, quia quantitas vaporis aquei tunc in aere est minor. Nix decidens in priori casu filamenta quaedam oblonga exhibet, quae variis modis sibi imposita varios *floccos* efformant : posteriori casu vero, nempe ubi frigus fuerit acerbum, hi flocci pulvis tantum sunt; aliquando autem figuras diversas assumunt, et irregulares, aliquando vero regulares, quas charta pura in libero aere exceptas cernere licet oculo aut nudo, aut vitris armato. Hae regulares figurae maxime sunt stellae exagonae radiorum tenuium, fiuntque quum tria spicula, seu filamenta sibi ordinate per mediam sui partem mutuo imponuntur. Earum figuras praecipuas expressit olim Musschembroekius, nuperrime vero Dux Scoresby, qui multas hac de re in regionibus polaribus observationes instituit. Ex iis quatuor tantum seligimus, quas delineatas habes in figura 167. Harum figurarum discrimen repetit Musschembroekius ex diversis exhalationibus conglaciatis, quae vaporibus a nube deciduis conglutinantur ; eodem fere modo, quo sales in aqua soluti in crystallos varie figuratas facessunt. Pondus specificum nivis est semper minus $\frac{1}{2}$, et aliquando etiam $\frac{1}{20}$, vel $\frac{1}{18}$. In aliquibus Alpium locis, et in regionibus polaribus aliquando nix rubro colore videtur infecta. Cujus coloris caussam non aliam esse opinatur D. Bauer, nisi quamdam ingentem fungorum rubeorum quantitatem, qui in nive solent vegetare, et idcirco haec fungi species *Uredo nivalis* ab eo appellatur. Ejusdem opinionis fuit D. Peschier, qui non multis abhinc annis Genevae analysim nivis rubrae Montis S. Bernardi instituit.

995. *Grando*. Iidem vapores, qui ex nubibus decidentes, pluvias inducunt, subito frigore correpti et concreti, *grandinem* aestate gignunt. Pluviae guttae congelatae in globulos concrescunt, quorum moles est diversissima, et aliquando ovi gallinacei magnitudinem adaequat. Generatim tempore aestivo grando decidit quum calor diurnus maximum gradum attingit ; noctu, sicut et per hiemem, rarum est cadere grandinem. Hoc flagellum rarum est inter tropicos ; Cumanae in America Meridionali, et in Insula Martinica prorsus ignoratur ; at ibidem in elatioribus montibus aliquando e-

(1) Lecoq, loc. cit. P. II. Ch. 13. §. II.
(2) Fallens, Manuale di Meteorologia, Cap. 5. Art. 11, 12, et seq.

tiam grandinat. Die 17 Augusti anno 1830 in Mexico tanta grandinis copia vias opplevit, ut ad genua equorum pertingeret. De grandinis origine multi multa sentiunt; id quod manifestissimum est indicium nihil certi hac super re statui posse. Plurimi opinantur, a copiosissima evaporatione, cui maxime aestivo tempore subjacent nubes, generari frigus, quod guttas congelando grandinem efficiat in atmosphaerae regione, cujus altitudo quandoque est minor altitudine, in qua efformatur nix; nubes namque procellosas in sublimiori atmosphaerae parte non consistere Meteorologis perspectum est. Saepe in grandinis centro reperitur quaedam nuclei species, qui opacior est reliqua crusta, a qua circumdatur. Hujus phaenomeni, sicut et ipsius grandinis originem sic ingeniose explicare nisus est celebris Volta. Nuclei illi primum ex vaporum subita densatione efformati concipiantur; concipiantur etiam duae ingentes nubes contraria electricitate praeditae, quarum una super aliam insistat. In hoc casu grandinis globuli adhuc exigui voluminis e nube superiori in inferiorem decidentes, nova glaciei crusta induentur; hujus nubis electricitatem in se recipient, atque ideo ab hac rejicientur dum a nube superiori attrahentur. Ex hujus attractionis vi ad nubem superiorem rursus ascendent, ibique similes experientur effectus, et alia nivis crusta aliis superaddetur, deinde iterum in nubem inferiorem recidendo, post plures itus, reditusque, sive quia eorum volumen grandius evasit, sive quia vis nubium electrica imminuta est, sive quia venti nubes ab invicem sejungunt; deficiente caussa quae eosdem in sublime retinebat, eos ad terram magno impetu decidere necesse est. Rem ita esse, inquit Volta, ex eo colligitur, quod antequam grando decidat semper exauditur aliquis fragor et strepitus in aere exortus; undenam hoc, nisi ex eo, quia grana haec durissima in suis itibus reditibusque se mutuo urgent ac propellunt, et fragorem producunt? Huic theoriae percelebris Voltae plura objicit Canonicus Bellani, qui alia ratione hoc phaenomenum explicat. Consule Pouilletum (1), et Gerbi (2).

996. *Vortices turbinei.* Nubium vapores aliquando ita coacervantur, ut referant formam columnae cylindricae vel coni inversi intus cavi, qui ad terram accedens in variam latitudinem excrescit ab alto deorsum, vel ab imo sursum; sonitum edit a fremitu maris violenter agitati non absimilem; saepe ingentem pluviae, aut grandinis copiam circumquaque disjicit, naves obruit, arbores evellit, diruit aedes, homines cum brutis elidit, segetes perdit, et obvia

(1) Pouillet, loc. cit. n. 523.
(2) Gerbi, Lez. di Fis. T. IV. n. 894, et seq.

quaeque evertit (1). Hoc terribile phaenomenon inter meteora aquea jure merito recensetur, et vocatur *Columna*, vel *Turbo aqueus*, vel *Tuba*, vel *Typhon*, graece πρήστηρ (2), gallice *Trombe de Mer*, italice *tromba*. In terra rari sunt hujusmodi turbines, sed in mari frequentiores. Ubi in mari eveniunt, grave periculum imminet nautis; quando namque ejusmodi tubae navem invadunt, vela corripiuntur, et lacerantur: ipsa navis subinde supra spumantes fluctus altius attollitur, et in descendendo vel submergitur, vel obruitur ab ingenti aquarum copia, quae in illam illabuntur. Eorum caussam esse imperviam asserit Pouilletus (3). Putant Musschembroekius, aliique eos oriri a duobus oppositis ventis parallelis, qui nubem aliquam hinc inde veluti comprimant, agant in gyrum, eique figuram vel cylindricam vel pyramidalem indant. Hoc motu vorticoso fit, ut vapores nubis concipiant vim centrifugam, ab axe recedant, indeque columna sit intus rarior, et aqua vacua: interim aer externus quum gravior sit interno admodum raro, aquam subjectam magis premit, quam aer internus levior; haec aqua idcirco cogitur assurgere non secus ac evenit in antlia aspirante, ingredi typhonis cavitatem, versus ejusdem basim attolli, ac tandem ruere. Peltier, Beccaria, aliique eos oriri putant ab electrico fluido: constat enim eos ab admotis metallis cuspidatis facile rumpi, id quod hoc etiam experimento confirmare solent. Si machinae electricae conductori appendatur, exigua virga metallica, e cujus basi vel convexa vel plana pendeat aquae gutta, cui quam proxime supponatur vas aqua plenum: gutta haec, excitata electricitate, ad instar *tubae* sese extendet, motu agetur vorticoso satisque violento, et ad se attollet aquam in vase contentam: gutta interim crepitabit, stridebit, ac lucebit; tandem si electrica scintilla eliciatur, totum cessabit phaenomenum. Vides igitur artem jucunde imitari id, quod terrifico mortalium fato natura molitur. Quidquid inde sit, eorum effectus sunt terribiles et luctuosissimi. Ut eorumdem accuratior habeatur notitia, en in subiecta nota descriptionem tubae an-

(1) Ejus terribiles effectus sic eleganter Virgilius describit Aeneid. XII. v. 451.

Qualis, ubi ad terras abrupto sydere nimbus
It mare per medium: miseris, heu, praescia longe
Horrescunt corda agricolis, dabit ille ruinas
Arboribus, stragemque satis, ruet omnia late,
Ante volant, sonitumque ferunt ad litora venti.

(2) Lucret. de rer. nat. Lib. VI. vers. 422. sic ait.

Quod superest, facile ex his cognoscere rebus
Presteras, Graji quos ab re (*) nominarunt
In mare qua missi veniant ratione superne.

(*) πρηστηρ enim, quasi *inflammans*, *inflans*, *tumefaciens*, ac *fervefaciens* dicitur a πρήθω *incendo*, inflammo: hinc πρήστηρ ανεμος, *igneus turbo contracta comburens. Scapula, Voc.*

(3) Pouillet, loc. cit. n. 519.

no 1829 Augustae Trevirorum a Professore Grossman observatae (1).

(1) « Verso le ore due pomeridiane, alla distanza di una lega da Treviri, all'est nord-est di Ruwer e di Pfalzel, a 20.° circa sull'orizzonte, apparve un fenomeno, che recò stupore, e per mezz' ora fece temer di se a molte persone che trovavansi occupate al di fuori.

« Il cielo dopo una pioggia caduta, era ancora coperto, quando dal mezzo di una nera nube che veniva su da est-nord-est, cominciò una massa luminosa a muoversi per verso contrario ed a lacerarla con violenza. Tosto la nube prese verso l'alto la forma di un camino da cui usciva un fumo di color bigio biancastro, entro di cui da quando in quando apparivan getti di fiamme, il quale usciva per molte aperture con tanta forza (così si esprimevano alcuni testimonii) come se fosse stato cacciato con gran veemenza mercè molti mantici.

« La meteora era giunta sulle vigne di Disburg di rincontro a Ruvver, quando ad una certa distanza più verso sud, verso la destra sponda della Mosella, proprio toccando il suolo, siccome sembrava a molte persone, appariva in modo spaventevole una meteora; essa disperse dei mucchi di carbon fossile raccolto intorno ad un albero, gittò stramazzone a terra un operajo da calcaja che ivi si trovava, e si precipitò attraverso la Mosella con orribile rumore, come se molte pietre si fossero urtate a vicenda. L' acqua s' innalzò in forma di alta colonna.

« Questa ultima meteora lasciando la Mosella continuò il suo cammino per terra sempre con lo stesso strepito, attraversò le campagne di Pfalzel, lasciando sulle biade e sopra i legumi le tracce visibili a zig-zag del suo tragitto. Parte dei legumi fu distrutta, parte atterrata e rotta, ed il resto portato via nell' aria.

« Molte femmine, vicino alle quali la meteora passava, venian meno, ed altre più lontane si nascondevano, e gridando fuggivano. I campi erano di fuoco. Due operai che erano saliti sopra un albero, osservarono la meteora in tutto il suo cammino; ad un altro venne il desiderio di seguirla con coraggio, il che era facile, camminando con passo ordinario. Ma la meteora in uno dei suoi zig-zag subitamente lo avviluppò. Egli sentissi or menato innanzi, ora respinto, ed ora con forte violenza portato in alto; egli si piegò appoggiandosi forte in terra con tutti i suoi strumenti, ma fu eziandio sbalzato e rotolato. Il turbine alla fine lo abbandonò procedendo innanzi.

« Egli non ricorda di aver provata alcuna particolar sensazione del gusto o dell' odorato, ma solo un assordante rumore. Dice essersi accorto di due correnti, una delle quali saliva obliquamente trasportando gli steli, le spighe ed altri corpi leggieri e l' altra teneva una opposta direzione.

« Il sentiere che la meteora si aprì in mezzo ai campi, avea secondo diverse relazioni, da 10 a 18 passi di larghezza, e 2100 passi di lunghezza. La figura del turbine era quasi conica, era or di color grigiobianco o giallo, ed ora bruno oscuro ma più spesso sembrava di fuoco. La prima meteora era in aria, al di sopra di questa, quasi parallelamente un poco più innanzi verso nord, essa per circa 18 minuti presentò una gran massa di bigio biancastro, che sembrava vomitar fumo rosso come fiamma, il quale dalla distanza di circa mezza lega parea un serpente lungo 140 passi, che avea il capo verso nord-nord-est, e la coda alla parte opposta.

« In otto o dieci minuti di tempo la coda erasi cambiata abbassandosi; in quella che esso andava a toccar la terra il fenomeno scomparve e nello stesso tempo anche la meteora inferiore si dileguò, senza che nella parte superiore, o nell' inferiore, siccome afferma un testimone oculare, vi fosse stato scoppio veruno, ma sentissi allora un forte odor di zolfo in tutta la campagna. Quasi nello stesso tempo una procella scoppiò sopra i boschi situati al nord-nord-ovest del luogo dove erasi mostrata la meteora, e fu accompagnata da grandini d' insolita grossezza. Il sole, per quello che affermano la maggior parte degli spettatori, non comparve mai in tutto questo tempo. Non eravi alcun soffio di vento. La meteora di sopra fu vista da Gutweiler, Cossel e da altri luoghi, come pure da Treviri essa parve discendere dalle altezze di Hochwald.

ARTICULUS TERTIUS

DE METEORIS LUCIDIS

997. *Meteora lucida* sunt omnia illa, quae ex reflexione, vel refractione lucis solaris in atmosphaeram impingentis oriuntur. Permulta ac varia illa sunt; hic tamen praecipua ad examen revocabimus. Primum inter haec locum tenent *Iris*, *Halo*, *Parelia*, *Paraselenae*, phaenomenum illud quod *Mirage* Galli vocant, *Crepusculum*, et *Stellarum scintillatio*. De prioribus quinque hic solita brevitate pauca dicemus; de reliquis duobus opportunius in Cosmographia sermonem instituemus.

998. *Iris*. Iris, seu *arcus pluvius* (de quo Eccli. Cap. 43 v.12 sic scriptum est: *Vide arcum, et benedic eum, qui fecit illum; valde speciosus est in splendore suo*), est arcus magnus vivacissimis splendens coloribus, qui nobis praebetur conspiciendus, lucente Sole, in pluviae guttulis per aerem delabentibus. Praecipua ejus phaenomena haec sunt: 1.° Gemini quandoque arcus apparent, iique concentrici, quorum interior *Iris primaria* vocatur, exterior *secundaria*, quia dilutiores praesefert colores. 2.° In primaria colores, ab infimo incipiendo, hoc ordine apparent: *violaceus*, *purpureus*, *caeruleus*, *viridis*, *flavus*, *aurantius*, ac demum *ruber*; iidem nempe, quos Solis radius in prisma vitreum illapsus et refractus ostendit (632). 3.° In secundaria iidem colores, sed ordine inverso, observantur; in concava nempe ejus parte primum locum obtinet color rubeus, postremum in parte suprema violaceus. 4.° Denique apparet Iris eo tantum tempore, quo ex una parte coeli pluat, ex altera vero simul Sol splendeat, sed non altior gradibus 42°, 17′; homo scilicet, qui iridem spectet, ipsi interjici debet, et Soli; hoc namque exoriente, arcus in occidentali plaga versatur, et occidente degit in orientali.

999. Hujus phaenomeni variam explicationem diversis temporibus tradiderunt Physici: nunc autem post Newtonianam de coloribus theoriam (1) nihil est explicatu facilius. Omnibus namque compertum est, Iridis primariae caussam ex eo repetendam, quod radii Solis incidentes in guttulas aquae cadentis, post duplicem refractionem, atque unam reflexionem, ita egrediuntur, ut eorum

(1) Ut debitus honos veritati reddatur, primus, qui veram Iridis explicationem apprehendit, fuit Italus Marc. Ant. de Dominis Archiepiscopus Spalatensis, ut ipsemet Newtonus *Opt. Lib.* 1. *P.* 11. *prop.* 9. ingenue fatetur. En ejus verba hic exscripta: « Inter recentiores plenius id invenit, uberiusque explicavit celeberrimus M. Antonius de Dominis Archiepiscopus Spalatensis in Libro suo *de radiis visus et lucis*, quem ante annos amplius viginti scriptum, in lucem tandem edidit amicus suus Bartolus, Venetiis anno 1611. »

plurimi inter se paralleli sub angulo, qui nec major sit gradibus 42, 2′, nec minor grad. 40, 17′, ad spectatoris oculos perveniant. Missis demonstrationibus mathematicis, quae ex Instituti ratione hoc loci tradi nequeunt, ad hunc finem assequendum, experimento illo notissimo utamur, quod M. Ant. de Dominis et Cartesius excogitarunt. Globus vitreus aqua repletus in obscuro conclavi ita suspendatur, ut pro libitu attolli, vel demitti possit; deinde Solis radio per foramen aliquod transeunti objiciatur (Fig. 168). Si radius S in hujus globi punctum *a* incidat, in eo refringetur, et per *ab* perget, ut ad perpendicularem (599) accedat. Ex puncto *b* in *c* reflectetur, atque in egressu contrariam refractionem subiens, ut a perpendiculari recedat, ex globo in oculum spectatoris ea ratione incidet, ut angulum 42°, 2′ efficiat cum recta fictitia DE, quae ex oculo spectatoris ducta intelligitur in directione radio Solis S*a* parallela : punctum *c* globi A rubrum spectatori apparebit. Paululum demittatur globus, adeo quidem ut radius ex puncto *c* egrediens gradatim efficiat angulos minores 42°, 2′ ; punctum illud successive aurantium, flavum, viridem, caeruleum, purpureum, ac demum violaceum colorem exhibebit, si angulus *c*DE fuerit grad. 40°, 17′. Colorum itaque apparitio a gr. 42°, 2′ incipit, et in 40°, 17′ desinit ; ideoque colorum latitudo intra unum gradum, et 45 concluditur. Sin autem globus ea ratione collocabitur, ut angulum his gradibus vel minorem, vel majorem efficiat, nullus omnino ex septem coloribus spectri solaris se prodet. Ex hoc experimento manifeste apparet, varios colores produci per duplicem refractionem, unamque reflexionem sub datis angulis.

1000. Sit nunc alius globus B. Radius solaris in ejus punctum *m* incidens, post refractionem a puncto *m* reflectetur in *pr*, illinc in *o*, unde refractus egrediens, ad oculum spectatoris pertinget, efficiendo angulum *o*DE=50°, 58′,39″; et punctum *o* rubro colore fulgens videbitur. Si post duplicem illam reflexionem et refractionem radius efficiat angulum *o*DE=54°, 7′; tunc violaceum colorem idem punctum praeseferet : reliquos deinceps intermedios colores gradatim exhibebit prout angulus *o*DE a 50°, 58′, 39″ ad 54° 7′ paullatim accedat: nullus denique color apparebit, si idem angulus vel excedat gradus 54°, 7′, vel a gradibus 50°, 58′, 39″, deficiat. Patet idcirco, hic colores generari per binas radiorum lucis reflexiones, et per totidem refractiones; eaque est caussa, cur iidem colores hic dilutiores apparere debeant. His duobus experimentis nititur tota Iridis tum primariae, tum secundariae explicatio.

1001. Porro concipe nubem ex sphaericis aquae guttis coalescentem a Sole illustrari; hujus radii a convexis illarum superficiebus repercussi partim dispergentur, partim vero confuse ad ocu-

lum pervenient, adeoque debilem ac subobscurum colorem, cujusmodi in nube deprehenditur, oculo objicient. Inter Solis radios tamen sunt qui proximi inter se, ac paralleli aquae guttas penetrant, ac refringuntur; unde reflexi, iterumque refracti, spectatoris oculum subeunt, eique colorem illum exhibent, quem ex refrangibilitatis ratione praeseferre debent: hujusmodi radii *efficaces* dicti sunt. Hinc si aquae gutta *abc* (Fig. 169) eum obtineat situm respectu Solis, ut radius *Sc* refractus in *c*, deinde reflexus in *b*, ac denuo refractus in *a* ad oculum *O* perveniat sub angulo $aOd=40^\circ, 17'$, violaceo colore tincta apparebit guttula. Eodem modo si Solis radius S′ aliam guttulam *efg* penetret, ita ut bis in ea refractus, ac semel reflexus angulum $eOd=42^\circ, 2'$ efficiat, rubro colore infecta illa fulgebit. Pari ratione guttae intermediae suos singulae colores exhibebunt. Jam vero finge lineas *Oa*, *Oe*, circa *Od*, tamquam axim, motu conico revolvi: describent illae duas conicas superficies, quarum bases circulares erunt. Omnes igitur guttae, quae in his basibus continentur, sub iisdem angulis, ac binae guttae *abc*, *efg* pari modo conspicientur; idcirco tota circumferentia interior violacea, exterior rubea, intermediae suis singulae coloribus ornatae conspicientur. Idem in Iride secundaria obtinebit.

1002. Ex iis porro plura sequuntur. 1.° Eo majorem Iridis arcum apparere, quo magis a spectatore distet roscida nubes: nam basis coni geniti ex revolutione lineae, quam diximus, eo amplior est prout conus ipse diducitur. 2.° Diversis spectatoribus diversam, non eamdem Iridem exhiberi; nam sicut linea ex centro Solis per spectatorum oculos ducta est diversa, ita diversus est coni vertex, diversa hujus basis, diversa tandem Iris. 3.° Iridis arcum majorem vel minorem apparere pro diversa tum Solis, tum spectatoris super horizontem altitudine: ponamus enim Solem ac spectatorem in ipso horizonte versari; tunc linea fictitia a centro Solis per oculum spectatoris ducta ad centrum circuli Iridis erit etiam in horizonte; Iris igitur tunc conspicua accuratissima circuli pars dimidia erit. Si Sol altitudinem aliquam supra horizontem obtineat, tunc linea illa ad horizontem obliqua erit, et infra eumdem deprimetur; unde centrum Iridis infra horizontem delitescet; minor semicirculo igitur Iridis arcus erit. Si denique contingat Solem supra horizontem altiorem esse gradibus 42, 17′, eadem recta per Solis centrum ad spectatoris oculum ducta totidem gradibus infra horizontem deprimetur, adeoque ipsius arcus sub minima ac pene nulla portione apparebit. 4.° Denique si evanescant aquae guttulae ex parte dextera, videbitur tantum pars arcus sinistra, et viceversa; si ex parte suprema eaedem guttae evanescant, arcus tantum crura conspicientur.

1003. Diximus (1000) Iridis secundariae colores ex duplici tum

reflexione, tum refractione esse valde languidos. Hinc sequitur, eos discerni non posse, nisi coelum anterius sit praenubilum : rarius proinde haec Iris secundaria observatur. Rarissime quoque tertia Iris se praebet conspiciendam. Iris etiam a Luna aliquando producitur, et praecipue tempore pleniluni noctu est conspicua ; hujus tamen colores sunt languidissimi, ob luminis lunaris raritatem, eorumque arcus candidus magis , quam coloratus spectatur. Denique Iris arte quadam comparari potest, si quis, a Sole aversus, aquam ore exceptam ita projiciat, ut in minutissimas guttas vibrata dispergatur : is enim iridem artificialem iisdem fere coloribus distinctam observare poterit. Simile quiddam exhibent virentis prati gramina rore aspersa ; fluviorum magnae cataractae ; et aquae a fontibus salientibus in altum projectae, ubi, Sole averso, conspiciantur, ut quisque Romae experiri potest in alterutro ex magnificis fontibus salientibus in platea Basilicae Divi Petri existentibus.

1004. *Halones*. Iridi valde affines sunt *Halones* (1), seu *coronae* , ut Plinius et Seneca eos vocant , circuli nempe illi , qui circa Solem interdiu, noctu circa Lunam, aut Stellas etiam majores, variorum colorum quandoque cernuntur. Eorum phaenomena haec sunt: 1.m Diameter apparens eorum diversae longitudinis esse potest; minima 2°, maxima diameter 90° et amplius esse solet; ut plurimum vero est 45°. 2.m Interius referunt colorem rubrum, exterius caeruleum valde dilutum. 3.m Nunquam pluvio coelo cernuntur , sed coelum eosdem ambiens serenum esse solet ac tenuibus albicantibus nubeculis obductum. 4.m A duobus observatoribus longe dissitis simul observari nequeunt; id quod argumento est caussam halonum non alte positam esse , sed in nostra atmosphaera versari; maxime quum ab exortis ventis dissipentur , ac potissimum ex ea parte , qua nebula a vento disjicitur. Frequentius circa Lunam , quam circa Solem conspiciuntur, quia hujus nimia lux saepe spectatoris oculos perstringit: observari tamen possunt trans vitrum fumo obductum. Praecipue conspici solent trans nebulas, quae noctu ab imis vallibus elevantur, vel trans leves nubes cirratas. Hi halones pluribus circulis diversicoloribus et concentricis saepe constant. Primus circulus , a Sole incipiendo, colores caeruleum, album, et rubrum continet; secundus colores rubrum obscurum, caeruleum, viridem, flavum, et rubrum exhibet; tertius denique caeruleum languidum, et rubrum dilutum ostendit. Artificiales, ut ita dicam, *halones* observare licet, si candelam accensam coelo frigido conspiciamus , inter quam et oculum nebula versetur; aut vas aquam calidam continens vapores emittat; vel si valde humidus sit aer, aut oculi, ut vix experrectis

(1) Ab ἅλων, area, seu circulus.

contingit, nimio humore turgescant. Halonis caussam Hugenius, et post eum Newtonus, Mariottus, omnesque Physici recentiores reponunt in minimis particulis glaciei haerentibus in aere, per quas in transversum Solem, aut Lunam, aut Stellam aspicimus; quarum particularum existentiam in aere supremo (vel ob ingens frigus ibi semper regnans, vel etiam quia vapores, sive pluviae guttae in aere pendentes subito conglaciari possunt per aeris torrentes frigidiores) pluribus argumentis probare nititur Daniel Bernoulli (1), et novissime Babinet (2). In hac hypothesi itaque halones oriuntur ex refractione radiorum Solis, et Lunae, aut Stellarum in hujusmodi glaciei minimis particulis magna copia inter astra et nos volitantibus. Hanc explicationem ita cum observationibus convenire contendit Hugenius in Tractatu *de Coronis* et *Pareliis*, ut operam perditurum esse affirmaverit qui aliam requisierit.

1005. *Parelia* et *Paraselenae*. Parelia (3) et Paraselenae (4) sunt veri Solis et verae Lunae imagines, modo plures, modo pauciores juxta utrumque Luminare spectatae. Et parelia quidem modo unum, modo duo, et nonnumquam usque ad sex visa sunt (Romae anno 1629 simul quinque Soles visi sunt; et in Polonia anno 1525 sex simul Soles conspecti); paraselenae autem nunquam plusquam tres apparuere. Pareliorum magnitudo eadem ac veri Solis apparet; figura a rotunditate interdum recedit, fulgorque debilior; semper cum coronis diversicoloribus visuntur, quibus etiam accedit alius circulus non circa Solem, sed circa zenith loci, in quo parelia videntur, horizonti parallelus; pleraque instar cometarum caudam trahunt a Sole aversam. Ut autem pareliorum phaenomenon ipsis oculis subjiciatur, en in fig. 170 imaginem parelii, quod Dantisci observavit Hevelius die 2 Februarii an. 1661 (5). Idem phaenomenon observatum fuit etiam Aletii in Salentinis die 15 Aprilis an. 1821, cujus descriptionem dedit Orontius Gabriel Costa (6). Pareliorum caussa in atmosphaera etiam haeret; nam iisdem fere circumstantiis ac halones illa comitantur; scilicet halone, seu corona cinguntur; coelo non quidem sereno, sed nebula tenui et pellucida obducto eveniunt; in locis parum a se distantibus vix conspiciuntur; ordinarie apparent tempore brumali aut verno, in mediocri frigore, spirante vento leni ex plaga septentrionali; denique quando evanescunt, tunc pluit, aut ningit spiculis oblongis, quae acus formam exbibent. Parelia itaque tunc contingunt

(1) Vide *Act. Helvet. Tom. I: p. 39.*
(2) *Comptes rendùs, an. 1838.*
(3) A παρά, prope, et ἥλιος, Sol.
(4) A παρά . . . . et σελήνη, Luna.
(5) Vide Biot, *Traité de Phys. Tom. III. pag. 474. edit. Paris.* 1816.
(6) Vide *Annali Civili del Regno delle due Sicilie, vol. VI. Nap.* 1843.

quum vapores a frigore in spicula oblonga densantur, quae a solaribus radiis non plene solvuntur, ita ut solutae aquae pars deorsum stillans globulum efformet: haec autem si directione ad horizontem inclinata sub angulo fere semirecto spectatorum oculis obversentur, ex varia radiorum lucis refractione nivea quidem spicula parelium exibebunt, aquae vero guttae halones efficient. De *Paraselenis* idem esto judicium; agnoscunt enim easdem cum pareliis caussas.

1006. *Phaenomenon Mirage* dictum. Aere puro ac tranquillo, objecta longe dissita per telescopium inspecta, in quadam oscillatione esse videntur; si parva sunt, duplicata videntur, et aliquando triplicata ac quadruplicata apparent. Hoc phaenomenon locum obtinet in atmosphaerae stratis a subjecta terra arida et sabulosa calefactis; tunc enim aeris strata inferiora calefacta ex contactu terrae aridae, et arenosae, torrentes quosdam excitant, qui superiora strata frigidiora pertranseuntes, in iis oscillationes gignunt, quae in calidioribus regionibus passim observantur. Hae aeris oscillationes sunt in caussa cur objecta etiam oscillare videantur. Si vero aeris strata ex eadem caussa fiant admodum diversae densitatis, tunc radii lucis oblique versus terram incidentes objecta reflectunt in superficie, quae duo strata diversae densitatis separat, eo prorsus modo, quo in aqua stagnante vel in speculo reflecterentur: eadem objecta elatiora apparent quam reipsa sunt, et imaginem inferiorem inversam ac a superiori distinctam, quamvis aliquantum confusam, veluti in aqua reflexam exhibent. Hae opticae illusiones, quae anno 1798 ab exercitu Gallorum in Ægyptiaca expeditione primum observatae fuere in arenosis Africae desertis, *Mirage* ab iis appellatae fuerunt. Summo mane, objecta in ejus deserti planitie collocata, et praecipue pagi super colles aedificati, ut a Nili periodicis inundationibus sint immunes, in suo proprio situ, uti reipsa sunt, videbantur; at postquam Sol telluris superficiem calefaciebat, singula objecta suam imaginem inversam exhibebant; coeli color caeruleus super solum reflexus tamquam amplissimum aquae lacus videbatur, in quo pagi, arbores, omniaque alia objecta inversa apparebant: tunc autem illusio cessabat, quum spectatores ad ea loca propius accedebant. Idem phaenomenon producitur etiam in regionibus polaribus, ut constat ex relationibus Ducis Scoresby, qui illud observavit in mari prope Groenlandiam, et passim aliis in locis. Ejus explicationem, quam Monge ex refractionis legibus primus dedit, legas in Pouillet (1); eamque facili experimento confirmare quisque poterit, si capsam ferream MN (Fig. 171) satis amplam accensis carbonibus im-

(1) Pouillet, loc. cit. n. 528.

pleat, deinde objectum aliquod in A positum a puncto opposito B inspiciat ; duas imagines eodem tempore hic videbit, imaginem nempe ipsius objecti A, et aliam huic inversam in A'.

1007. Haec exempla sufficere possunt pro explicandis omnibus phaenomenis, quae imagines multiplices et infinite varias exhibere possunt, ob refractiones extraordinarias, quibus lux subjicitur in aereis stratis, quorum densitates subito ac celeriter mutantur. Huc usque has mutationes in stratis planis et regularibus fieri statuimus : facile autem concipitur, inquit Pouilletus, easdem in stratis curvis et irregularibus etiam locum habere posse : tunc vero imagines ab objectis productae erunt deformes, modo latiores, modo longiores, modo ea ratione dispositae, ac si objecta ipsa fuerint in plures partes irregulariter divisa. Patet proinde non alii caussae esse adscribendum mirificum et pulcherrimum *Fatae Morganae* phaenomenon, quod in Fretu Siculo, Rhegium inter et Messanam, observatur ; quo nempe circa diei exortum, illucescente aurora, ubi aer quietus existat, variae animantium, hominum, montium, castrorum, columnarum, aedificiorum formae in aere crebro cernuntur, quousque Sole incalescente e conspectu eripiantur (1).Hu-

(1) Placet hic excribere hujus mirabilis phaenomeni descriptionem, quam celebris Hyppolitus Pindemonti italicis versibus elegantissimis exornavit.

E già nato era il sol : quando ecco in fretta
Donne e fanciulle, ogni uom correre al mare
Veggio, e gridar *Morgana* odo, *Morgana*,
E *Morgana* iterar gli scogli, e l' onde.
Precipitiam le scale, e in erto loco
Su l' orme del mio duce i passi affretto.
Qui l' alto agli occhi miei prodigio nuovo
S' offerse : fiato non movea di vento,
E quale specchio era il mar terso e immolo.
Oh cara vista! un lungo in prima io vidi
E sul mare e ne l'aria ordin fuggente
Di colonne con archi e dense torri,
E castella e palagi a cento a cento,
L' un appo l'altro, e l' uno a l'altro imposto.
Poi la scena mutando, ecco sfilarsi
Mille viali di ben culte piante,
E fiorir sotto a innumerevol greggia
Mille colline : indi mutando ancora,
Schiere di fanti e di cavalli armate
Muover come ad assalto, e le faville
Di vicina battaglia in cor volgendo.
Ed altre varie forme e pinti aspetti
Che vengono e che van, tornan, dan loco
A pinti aspetti e ad altre varie forme,
Qual fosse pei deserti ampli del cielo
Un rapido varcar di mondo in mondo :
Spettacol solo, e in faccia a cui son nulla
Quant'ornare il Sebeto, ornar la Senna
Ludi scenici odiam ; nulla fur quanti
Brillar di Scauro e di Pericle ai giorni
Vider classiche terre, Atene e Roma.

jus phaenomeni accuratam descriptionem et explicationem dederunt complures; inter caeteros eminet P. Antonius Minasi Dominicanus, qui Romae anno 1773 opusculum edidit, cui titulus: *Dissertazione sopra un fenomeno volgarmente detto Fata Morgana.* Idem fere phaenomenon supra Lacum Averni prope Puteolos die 31 Martii 1832 observavit illustris Marchio Joseph Ruffo, cujus descriptionem legere poteris in *Annalibus Civilibus Regni duarum Siciliarum* (1).

1008. Iisdem etiam caussis tribuenda sunt alia phaenomena, quae passim ab Auctoribus describuntur sub variis nominibus, *Apotheosis* scilicet, *Spectrorum*, *Apparitionum* etc, quae a superius memoratis non alia ratione discriminantur, nisi quod in his omnibus imago depingatur in nube vel in vaporibus per atmosphaeram innatantibus, non autem in strato aereo diversae densitatis (1006). Denique Sol e nubibus aliquando emittere videtur radiorum *virgas* usque ad Terram exporrectas, coniformes, cujus bases prope eamdem sunt latiores; plerumque conspiciuntur post meridiem, calore praetergresso. Hae locum habent quum aliqua nubes spectatori Solem eripit; per angusta autem aliarum nubium intervalla radii tenues et distantes ad Terram diriguntur; qui adscendentibus occurrentes vaporibus, et lateraliter conspecti, refringuntur, visumque fortius afficiunt. Sed haec satis.

ARTICULUS QUARTUS.

DE METEORIS IGNEIS.

1009. Hoc nomine comprehenduntur omnia meteora, quae ab electricitate atmosphaerica suam repetunt originem; et iisdem characteribus se produnt, quibus se prodit combustio; uti sunt *Fulmina*, *Bolides*, *Aerolites*, *Stellae cadentes*, *Ignes fatui*, *Castor et Pollux*, *Ignes lambentes*, et *Aurora borealis*. De his solita brevitate dicemus, pauca etiam adjiciendo de *Terraemotibus*, et de *Vulcanis*; quae duo terribilia phaenomena in sensus nostros passim incurrentia, etsi in Geologia potius quam in Meteorologia ab Auctoribus exponantur, nos tamen hoc loco commode tractari posse censemus, tum quia electricitas et combustio sunt praecipua caussa, quae illa producit; tum maxime ut eorum aliqua notitia nostris Iuvenibus, qui Geologiae operam dare nequeunt, tradatur.

1010. *Fulmen*. Fulmen omnibus obvium nihil aliud est, nisi ingens electrica scintilla, seu torrens ignis electrici, qui vel ex atmosphaera redundante (802) in tellurem deficientem, vel ex redundante

(1) Vide *Annali Civili del Regno delle due Sicilie. Vol. IV. an.* 1834. *pag.* 52.

tellure in atmosphaeram deficientem, vel deniqne ex nube pari modo redundante in nubem deficientem praeterfluit. *Fulgur* et *tonitrus*, quae aliquis forte ut phaenomena distincta considerare posset, non sunt nisi ejusdem fulminis qualitates : fulgur namque est lux illa fulgentissima, qua fulmen sese prodit, quaeque per aerem magno impetu et praerapida celeritate fertur ad quamlibet directionem, horizontaliter, oblique, sursum, deorsum, in linea recta, vel in pluribus rectis, ductu quasi serpentino, ad varios angulos junctis (a zig-zag). *Tonitrus* autem est immanis ille fragor, qui excitatur ex ingenti vi, qua fulmen disjicit aerem.

1011. Fulmen autem esse materiae electricae torrentem, qui per aerem e loco redundante in locum deficientem deferatur, negare nequit quisquis ad memoriam revocat atmosphaeram, et nubes in ea innatantes electricitate modo positiva, modo negativa esse instructas (803) ; et hanc esse fluidi electrici naturam, ut aequilibrio ex quavis ratione abrupto, statim illud restituere nitatur. Praeterea, ut P. Beccaria expertus est, tempore procelloso, copiosissimi materiae electricae torrentes a terra ad nubes, et ab his ad illam transgrediuntur ; e filis namque deferentibus electrometri atmosphaerici (783) tanta prodit scintillarum copia, tantaque celeritate, ut earum directio vix discerni possit. Hinc si in nube aliqua multum electrici fluidi accumulatum concipiatur, dum aliae eo deficiunt, evenire debet, ut sic inaequaliter electricae ad se invicem, vel ad montes accedentes, nubes quae positiva electricitate sunt praegnantes, eadem se exonerent, in aliasque nubes negative electricas, vel etiam in montium, aedificiorum, arborum apices illam vibrent. Si electricitas eam habeat tensionem, ut aerem interpositum scindere valeat, ipsum scindet, et ingenti fragore disjiciet, prout validiorem tensionem habebit, ut in phialae Leydensis exoneratione evenire videmus ; sicque validus electrici fluidi torrens aerem trajiciet, ut aequilibrium sive cum nube negativa, sive cum tellure restituat: inde gignuntur *fulgura*, et *tonitrua* exaudiuntur, quae eousque repeti debent, donec obtineatur electricitatis aequilibrium : tonitrua vero eo prolixiora atque intensiora erunt, prout diuturniores fient tum a nubibus, tum a terrestribus corporibus aereae repercussiones: hinc in vallibus, quas varii montes ambiunt, vel in sylvis, quae procerum arborum abundant, tonitruum terribilis et continuatus fit mugitus. Si denique nubes fuerint negative electricae, tellus autem positive, tunc torrens electricus, seu fulmen ex terra in sublime conscendet, ut saepe evenire compertum est, et jamdudum observaverant Augures Etruriae, ut ait Plinius: *Etruria erumpere (fulmina) a terra quoque arbitratur, quae infera appellat* (1).

(1) Plin. *Hist. nat. Lib.* 2. *cap.* 52.

1012. Haud raro quoque habetur in fulmine consensus, seu repercussio, quam *contracolpo elettrico* nominare solent. Observatum est enim aliquando, dum fulmen, seu electrici fluidi exoneratio ex nube in nubem excurrit, corpora in nubis electricae atmosphaera constituta effectu quodam fulmineo percuti. Hinc saepe duo homines longissime ab invicem remoti eodem fulminis ictu necati fuere, etsi hujus directio unum quidem, non vero alterum respicere potuerit. Animantia nonnumquam a fulgure remotissima interfecta fuerunt. Item homines extitere, qui quoad pedes dumtaxat, ac praesertim quoad calceamentorum soleas fulminis remotissime ejaculati effectum, seu consensum retulerunt; quod nonnisi ejusdem caussae effectus esse potuit. Denique non raro evenit, ut trabes ferreae aliqua ex parte interruptae scintillas emitterent, dum e nube eminus posita fulgur egrederetur. Uberiorem hujus rei tractationem reperies in saepius laudato Pouillet (1). Notandum denique, *fulgura* aliquando nullo tonitru comitata aestivis diebus prope horizontem splendescere, quae idcirco *fulgura caloris* vocantur: haec non sunt nisi reflexio luminis emissi ab aliis fulguribus, quae in dissitis regionibus subter nostrum horizontem positis, saeviente procella, debacchantur. Id liquet ex D[ni] Kaemtz observationibus. Hic namque simul cum aliis Physicis Genevensibus die 16 augusti anni 1832 quum observasset hujusmodi fulgura versus septentrionem, paucis diebus interjectis, in publicis Diariis describi comperit luctuosissimos effectus tempestatum, quae Bavariam, Baden, et Wurtemberg eadem die vastaverant.

1013. Superest ut de fulminum effectibus pauca dicamus. Eorum effectus, sicuti et electricitatis, alii sunt *mechanici*, alii *physici*, alii denique *chemici*. Et 1.° quidem effectus *mechanici* eo terribiliores sunt, quo obstacula, in quae illa impingunt, vel substantiae, quas trajicere debent ut ad suum locum perveniant, validiorem iis resistentiam objiciunt. Quoties namque fulmen alicubi decidit, videmus saepe findi corpora cohibentia, everti et procul disjici arbores, metalla, homines, animalia, ingentes etiam murorum, aedificiorum, rupium partes: cujus rei D. Pouillet hanc reddit rationem, quod scilicet in omnibus atomis, quae massam horum corporum a fulmine ictorum efficiunt, simul et semel fluidi naturalis *decompositio* adeo violenter fiat, ut illud consuetis aequilibrii legibus obedire nequeat; adeoque hae massae trahantur a viribus longe majoribus illis, quae ab aere aequilibrari possent. 2.° Effectus *physici* iis prorsus sunt similes, quos plurium phialarum Leydensium exoneratio gignit: semper namque corporum, quae percutiunt, temperaturam elatiorem reddunt. Quoties fulmen decidit super ligna sic-

(1) Pouillet loc. cit. n. 535. 536.

ca, super frumenti desecti acervum, super tecta paleis cooperta, et aliquando etiam super virides arbores, eadem in carbones redigit, et saepe inflammat, ac tristibus incendiis occasionem praebet. Metalla, in quae fulmen incurrit, utpote electricum optime deferentia, probe calefiunt, et saepius liquantur, ac conflantur. Denique ad fulminis tactum magnetismus excitatur in ferreis virgis, ita ut duobus polis instructae reperiantur, et boreali quidem polo in ea parte, qua a fulmine percutiuntur virgae; id quod in acubus chalybeis ex electricae scintillae actione evenire conspicimus; et sicut eadem electrica scintilla polos mutare solet in acubus chalybeis quae polis sunt instructae; ita et fulmina in ferreis virgis, quae polos jam acquisiernut, eosdem mutant. 3.° Effectus *chemici* denique sunt iis longe validiores, qui ope machinae electricae produci possunt. Ex observationibus DD. Saussure, Ramond, Humboldt, et Bompland liquet, ob repetitos fulminum ictus lapides etiam durissimos in montium cacuminibus quoddam fusionis, calcinationis, ac vitrificationis indicium praebere. Fulminum effectus chemici sunt etiam tubi quidam irregulares ex substantia fere vitrea, qui modo verticaliter, modo oblique dispositi reperiuntur subter terram in aliquibus Borussiae et Brasiliae Provinciis, quique *fulgoriti (tubes fulminaires)* vulgo appellantur. D. Fiedler, qui primus hoc super argumento observationes instituit, videns quod iis in locis ad aliquam profunditatem quaedam aquarum receptacula existunt, putat eosdem concrescere ex subita vitrificatione sabuli, aliarumque arenarum, quae fulmen offendit dum a telluris superficie pertransit usque ad haec aquarum receptacula, ubi disperditur, et in aequilibrium componitur. In eumdem censum referenda sunt corpora illa, quae ignarum vulgus *fulmina* vocat, quaeque maximo impetu e nubibus in terram ejaculari putat: illa enim nihil aliud sunt, nisi concretiones ex terris, arenis, metallis, lapidibus, aliisque materiis, quas irruens ignis electricus statim calcinat, vitrificat, atque simul componit. Mittimus reliqua: hujus namque terribilis phaenomeni luctuosissimos effectus omnes noscunt. De modo quo fulminibus occurri potest, loquuti sumus in n. 804. Lege etiam Pouillet(1), et Gerbi (2).

1014. *Bolides* et *Aerolites*. Nomine *Bolidis* (3) vocantur magni quidam globi ardentes, qui tempore aestivo celerrime modo per superiores, modo per inferiores atmosphaerae regiones feruntur, et plerumque caudam aliquam luminosam post se trahunt, quae in aciem desinit, et longitudine sua quater vel quinquies globi diametrum excedit. Variae sunt magnitudinis: earum diameter aliquando

(1) Pouillet, loc. cit. n. 559.
(2) Gerbi Lez. di Fis. Tom. IV. Cap. IX. n. 861 et seq.
(3) A Βολὶς, ἴδος, sagitta.

aequalis est semidiametro Lunae, aliquando etiam major : quacumque transeunt sulphureum odorem emittunt : tandem saepe horribili cum fragore displodunt, earumque effectus a fulminum effectibus parum differunt : saepe etiam tacite dissipantur. Quia vero irrequietae huc illuc veluti caprae discurrunt, ideo *capras saltantes* eas vocavit Aristoteles. Earum explosionem haud raro sequitur illorum lapidum pluvia, qui *Aerolites* (1) vel *Meteorolites* appellantur: quale phaenomenon, quod olim inter aniles fabellas amandandum censebant Physici, nunc inter meteora exploratissima recensetur (2). Hi lapides, quamvis diversissimae sint magnitudinis, sunt fere ejusdem naturae quoad externam formam, et eorum compositionem. Corticem habent subnigrum, et asperum; interiora strata *mechanice* resolvuntur in corpuscula sphaerica durissima, quae splendorem emittunt, si chalybeis instrumentis percutiantur; in fragmenta pyritum rubro-flavi coloris, quae in pulverem nigrum facile rediguntur; in partes aliquas ferri; demum in quamdam substantiam terream cinerei coloris, quae ad omnia jam dicta elementa simul jungenda inservit. Chemici vero in cortice reperiunt ferrum et nikel partim in statu metallico, partim in statu oxydationis; corpuscula sphaerica compobuntur ex silice, magnesia, ferro, et nikel ; fragmenta pyritum ex ferro, nikel, et sulphure constant etc. De *bolidum* ac *aerolitum* origine mirum est in quot diversas sententias abierint Physici ; quarum discrepantia manifestissimum est indicium nihil certi hac super re adhuc statui posse (3) Quoad *bolides* asseri posse censemus, eas ex igne electrico originem ducere, quamvis qua ratione efformentur ignorare fateamur: de *aerolitibus* vero dicimus, eos quum in bolidum explosione ut plurimum in terram decidant, inter earumdem effectus esse adnumerandos ; quemadmodum ubi coelo fulgurante torrens electricus terram invadit, illam in calcem, in vitrum, in metallicam scobem redigit,

(1) Ab ἀήρ, aer, et λίθος, lapis.

(2) Veteribus coguitum erat saepe lapidibus pluisse e coelo. Id colligimus ex Livio *Dec. III. L.* 5. c. 6, qui in Albauo monte prope Romam biduum continenter lapides pluisse refert; et ex Plinio, *Hist. nat. Lib. II. Cap.* 58, qui lapides e coelo cecidisse adeo asseveranter testatur, ut referat suis temporibus Romae adhuc extare ingentem lapidem nigri coloris, quem e coelo lapsum in Thracia prope AEgospotamon annò II° Olympiadis 78 (467 an. ante Christum natum) ajebant. A Plinio usque ad saeculum XVIII harum pluviarum lapidearum nonnisi raro apud Scriptores fit mentio : inter eas celebris est globus lapideus nigri coloris, ponderis librarum 260 e coelo delapsus anno 1630 Ensishemii in Alsatia, ubi adhuc asservatur. Post annum denique 1750, quamvis Physici huic phaenomeno parum crederent, diligentius tamen illud observarunt, et catalogum confecerunt celebriorum aerolitum. Inter eos eminet illustris Chladni, qui accuratissimum hac de re Catalogum edidit in Opere, cui titulus *Annuaire du bureau des longitudes*, illumque exscriptum reperire poteris in Meteorologia Dni Lecoq, Part. II. Chap. 13. §. III.

(3) Vide Gerbi, Lez. di Fis. Tom. IV. Cap. IX. n. 868-870.

et in ejus generis corpora convertit, quae *fulmina* vulgus appellat (1013).

1015. *Stellae cadentes.* Ita appellantur exigui globi igniti per atmosphaeram coelo sereno abducti, et versus terram decidentes, qui quum magnitudine apparente stellas referant, ideo sensibus nostris illudunt, ut stellam discurrere credant (1). Observantur noctu tantum; non quod interdiu nullae cadant, sed quod hoc tempore ob lucis diurnae claritatem cerni nequeunt. Spectantur praesertim vere, et autumno fere in singulis noctibus serenis, sed praecipue noctibus, quae inter 10 et 12 Augusti, ac 11 et 12 Novembris intercedunt, quo tempore omnes eadem directione moventur. Quidam Physici easdem ut parvas bolides considerant, adeoque iis eamdem originem tribuunt. Canonicus Bellani eas ex accensione materiae alicujus phosphorescentis generari putat, quae sponte, ubi leniter prematur, in partibus atmosphaerae superioribus accenditur, extinguitur vero in partibus ejusdem inferioribus ob auctam hic pressionem (2). Alii eas putant esse parva corpora coelestia, quae in aliqua coeli plaga celeriter circa quoddam centrum moventur; nobisque tunc fiunt visibilia, quum Tellus ob suam circa Solem rotationem iis locis accedit, in quibus eorumdem corporum orbitae sunt constitutae (3); quae postrema opinio Physicis omnibus hodie arridet.

1016. *Ignes fatui.* Ignes *fatui*, *erratici*, *ambulones* dicuntur flammulae erraticae, quae aestate praesertim et autumno prope Terrae superficiem irregulari cursu hinc inde discurrunt; subinde extinguuntur et alio in loco apparent; mutantur magnitudine et figura; fugientes sequi dicuntur, et fugere insectantes. Quum hi frequentiores sint in locis calidis et praecipue in locis paludosis, pinguibus, coemeteriis, prope fimeta etc.; hinc post celebrem Alex. Volta eorum caussa generatim tribuitur gas hydrogenio, quod in corporum putrefactione evolvitur, et ab electrico fluido accenditur. Huc referuntur *ignes fatui ardentes*, seu *ambulones incendiarii*, qui non modo lucent, ut priores, verum etiam incendunt tecta straminea, et ipsas aedes; cujus rei insigne exemplum refert Tacitus (4).

1017. *Castor et Pollux. Ignes lambentes.* Ad ignes fatuos referri non debent luces illae, quae in Oceano fluctibus commoto navibus

(1) Ita de iis cecinit Virgilius Georg. I. v. 365.
Saepe etiam stellas, vento impendente, videbis
Praecipites coelo labi; noctisque per umbram
Flammarum longos a tergo albescere tractus.

(2) Has stellas imitantur Pyrotechniae Artifices, camphoram cum nitro, et limo terrestri per spiritum vini irrigando, et globulos exinde formando, qui incensi, et sursum per aerem projecti, lumen emittunt stellae cadentis fulgori non absimile.

(3) Quetelet, *Catalogue des principales apparitions d'Etoiles filantes*, 1839.

(4) Tacit. Annal. Lib. XIII. cap. 57.

adhaerent, et malos, antennas, ac funes navium lambere conspiciuntur. Veteres nautae quum unicam ex hisce lucibus inspiciebant, eam tristis ominis nunciam habebant, et *Helenam* vocabant; exhilarabantur vero quum gemina lux fulgebat, eamque navigationi favere credentes, *Castorem et Pollucem* appellabant: hinc Castoris et Pollucis imagine navium aplustria exornabantur, ut habetur in *Actis Apost.* XXVIII. v. 11. «*navigavimus in navi Alexandrina... cui erat insigne Castorum* »; et ex hac eadem vetusta credulitate cecinit Horatius Ode 3. L. 1.

Sic te . . . .
Sic fratres Helenae, lucida sidera,
Ventorumque regat Pater . . . . .
Navis, quae etc.

Nautae Christiani easdem vocant *Stelle di S. Elmo*, ob cultum, quem S. Erasmo reddunt, a quo in eorum subsidium tempore procelloso missas credunt (1). Hujusmodi luces nihil aliud sunt, nisi totidem *penicilli*, aut *stellulae electrici fluidi* (775, 776), quae apparere solent aut saeviente procella, aut ea vix pacata, quum idem fluidum ad aequilibrium sese componere nititur; *penicilli* quidem, quum a cuspidibus in atmosphaeram negative electricam diffunditur; *stellulae* vero, quum ab atmosphaera positive electrica in cuspides pertransit. Eidem caussae tribui debent *ignes lambentes*, qui non urunt, sed lambent quasi tantum innoxie; et conspicui sunt in crinitis omnium animalium partibus, in jubis equorum, et in hominum ac puerorum capillis, ut referunt Virgilius de Ascanio (2), et Livius de Servio Tullio (3). Plura hujusmodi exempla accurate explorata legi possunt in opere Dni Bertholon, cui titulus *Trattato dell' elettricità del corpo umano.*

1018. *Aurora borealis.* Nomine *Aurorae borealis* venit fulgor ille,

(1) En quomodo cecinit Franc. Redi:

Allegrezza, allegrezza: io già rimiro
Per apportar salute al legno infermo,
Sull' antenna da prua muoversi in giro
L' oricrinite Stelle di Santermo.

Redi, *Bacco in Toscana*, *pag.* 29, *ediz. dei Class. Italiani*, *Milano* 1807. Vedi le *Annotazioni allo stesso, edizione medesima, pag.* 313.

(2) Æneid. Lib. II. v. 682.

Ecce levis summo de vertice visus Juli
Fundere lumen apex, tactuque innoxia molli
Lambere flamma comas, et circum tempora pasci,
Nos pavidi trepidare metu, crinemque flagrantem
Excutere, et sanctos restinguere fontibus ignes.

(3) Lib. I. cap. 39. *Puero dormienti, cui Servio Tullio nomen fuit, caput arsisse ferunt multorum in conspectu.*

qui in septentrionali coeli plaga noctu ita se conspiciendum praebet, ut coelum ipsum in ea sui parte veluti ardere videatur. Vocatur *Aurora borealis,* quia matutini crepusculi splendorem imitatur. Haec lux sub forma arcus apparet, qui modo majus, modo minus coeli spatium occupat, ita ut ex nube, quae supra horizontem constituit basim arcus, vibrentur radii celeriter ascendentes et coruscantes, qui sub specie virgarum, vel columnarum nobis se produnt, quarum aliae quidem sunt horizonti perpendiculares, aliae vero obliquae, aliae sicut radii a centro in orbem fulgent. Coruscantes quoque columnae aliquando exeunt a luce, qua fulget horizon: ea vero lux modo est vivida, modo fit languida alternis vicibus, semper tamen adeo rara, ut per eam minores etiam stellae transparere possint. Ita porro septentrionale coelum fulget, donec omnia confundantur, ac tandem omnino extinguantur. Aurorae borealis duratio non semper est eadem; aliquando per integram noctem usque ad diluculi initium perdurat; aliquando paucis minutis absolvitur; aliquando duabus vel pluribus noctibus insequentibus videndam se praebet. Hae sunt praecipuae, ac frequentiores vicissitudines, quae ejusmodi Auroram plerumque comitantur: nonnunquam tamen in multis variare solent. In nostris regionibus Aurora borealis rarissime accidit; frequentissime in regionibus utrique polo adjacentibus, adeoque dantur etiam *Aurorae australes.* Ultra gradum 70° latitudinis N. fere in singulis noctibus serenis saltem aliquis hujusmodi splendor apparet. DD. Bravais et Lottin, quum stationem suam Bosekop in Laponia posuissent, noctibus, quae inter 12 Septembris 1838, et 18 Aprilis 1839 intercedunt, 153 hujusmodi Auroras observarunt. Earum descriptionem schemate illustratam refert Pouilletus loc. cit. n. 546.

1019. Mirum est quantum torserit Philosophorum ingenia Aurorae borealis explicatio, atque in quot arbitrarias, longeque petitas abierint hypotheses, quas hic expendere non vacat. Nos non pudeat cum Pouilleto nostram hac in re ignorantiam fateri (1). Id

(1) Placet ipsius Pouilleti verba hic exscribere, ut discant Iuvenes quanta cum ingenuitate viri docti suam fateantur ignorantiam in iis rebus, quae adhuc sub nube latent. « Il fenomeno delle Aurore boreali pare essere il più maestoso, il più importante, il più splendido di quelli, che possono presentarsi ai nostri sguardi, e nello stesso tempo il più intrigato, il piu difficile, e il più incomprensibile di quelli che si possano presentare alle nostre ricerche. Prima che le più elementari nozioni della Scienza si fossero conosciute, le Aurore boreali ammiravansi del pari che lo spuntare e il tramontar del Sole, l' aspetto del Cielo, ed il moto degli Astri. Da che poi ci è stato permesso di contemplarle con meno stupore, si ammirano, si osservano, si misurano, e frattanto niente ancora si sa sulla loro origine, sulle loro cagioni, sulle loro leggi, sulle condizioni fisiche e materiali delle loro apparizioni, e neanche sul luogo, che occupano; imperciocchè non si sa se sono nel seno dell' atmosfera, o al di là dei limiti di essa. Esse formerebbero la disperazione della Scienza, se la Scienza potesse disperarsi; ma ogni giorno questa fa meglio conoscere esservi tra i fenomeni naturali dei legami di subordinazione necessaria; epperò tentare premature spiegazioni essere lo stesso che falsificare il metodo; esser d'uopo sapere ignorare o piuttosto saper a-

unum compertum est, Auroras boreales id efficere, ut electricas reddant acies metallicas insulatas, et in acus magneticas ingentem vim exerceant; earum namque directionem immutant. In dicta statione Bosekop die 22 Februarii an. 1839 haec deviatio fuit graduum 4, 30′ versus occidentem. Deviatio ista pari passu cum Aurorae borealis intensitate procedit; omnesque acus perturbationes nonnisi ab hac caussa probabiliter pendent; ita ut verum esse videatur id, quod asseruit D. Arago, nempe ex sola pyxidis nauticae inspectione dignosci posse Aurorae hujus existentiam eo prorsus momento, quo evenit, etiamsi nobis foret inconspicua; adeoque hac ratione Parisiis, ex. gr., sciri posse quidquid in polaribus regionibus evenit. Etiam intensitas magnetica augetur sub initio et durante ejusmodi Aurora. Ex quo liquido inferri posse videtur, Auroras boreales intimam relationem habere cum magnetismo terrestri.

1020. *Terraemotus*. Nullus ignorat terraemotum esse illam alicujus terrae latioris tractus commotionem, qua terrestris superficies ad majorem vel minorem profunditatem quatitur, nutat, finditur in voragines, urbes diruuntur, subsidunt montes vel absorbentur, evomuntur novae insulae, veteres deglutiuntur, et plurimae ejus generis ruinae producuntur. Duplici ratione hic motus fieri potest; vel enim est *subsultus*, quum terra repetitis vicibus verticaliter attollitur aut deprimitur; vel est *undulationis*, quum eadem terra instar navis aquae maris imposita horizontaliter nutat; quae posterior terraemotus species exitialior esse solet; tunc enim aedes, turres, montes nutant, et amisso aequilibrio facile praecipites ruere possunt. Hoc phaenomenum in quibusdam Terrae locis frequentius evenire solet; in insulis, ex. gr., magis, quam in continentibus; in locis maritimis magis quam in mediterraneis; in regionibus aequatori proximioribus magis quam in polaribus. Terraemotus praeterea cum Vulcanis intimam habent relationem; nam praecipue suas horrendas strages producunt in iis regionibus, quae Vulcanis vel perennibus vel etiam extinctis abundant (uti sunt nostra Italia, Sicilia, Graecia, Insulae Azores, Peruvia, Quito, etc.), quorum eructationes saepe saepius illi vel praecedunt, vel comitantur. An vero terraemotus ab aeris atmosphaerici statu etiam pendeant, ignorare fatentur Geologi omnes; valde tamen probabile est, successiones adeo vehementes, quae stratum solidum nostrae Telluris agitare valent, solum findere, et multifariam disrumpere, urbes diruere, novos

apettare, cioè cercare dei fenomeni anzichè delle spiegazioni. Forse un semplice fatto finora inosservato basterà a squarciare il velo che da sì lungo tempo ci asconde il mistero dell'Aurora boreale. Basta rendere aperta la grandezza del fenomeno e quello della nostra ignoranza a fare intendere che molti volumi non basterebbero ad esporre tutte le idee, tutte le ipotesi, e tutti gli sforzi d'ingegno e d'immaginazione, di cui ha formato l'obbietto.» Pouillet, *loc. cit. n.* 546.

montes gignere, ingentem etiam vim exercere posse in atmosphaeram maxima mobilitate praeditam, quamque fluida elastica diversimode pervadere possunt. Ex pluribus etiam observationibus constat, plura indicia terraemotum vel proxime praecedere, vel comitari, vel subsequi; inter haec praecipua sunt sequentia: nubes procellosae ventique furentes, uragani, meteora ignea apparent; vapores e terra erumpunt; aliquando nubes stratae atque oblongae coelo sereno innatant, vel nubes atrae ac densae ibidem quasi immobiles consistunt; aliquando subterranei bombi audiuntur; aquae in puteis vel fontibus subito turbantur; eaedem aquae in puteis vel in mari illico vel deprimuntur, vel attolluntur; in atmosphaera insueta quies respirationem veluti impediens observatur; barometrica columna variationibus insolitis est obnoxia; denique acus magneticae violentis perturbationibus agitantur. Praeterea paullo ante terraemotum animantia tremere ac terrefieri videntur; equi nitriunt, canes ululant, aves garriunt; naves in portubus existentes inter se colliduntur, et in aperto mari tanta vi succutiuntur, ut omnes earum partes ab invicem separari videantur. Terraemotus brevissimo aliquorum secundorum intervallo absolvitur; ubi duo vel tria minuta prima (quod absit) perduraret, luctuosissimos gigneret effectus: aliquando semel fit, aliquando post horam vel post diem unum repetitur: aliquando hae repetitiones crebrae sunt per menses et annos integros; sic in Peruano Regno singulis diebus per plures annos successive evenerunt; terraemotus, qui anno proximo elapso die 14 Augusti Melphim in Lucania, vicinaque oppida vastavit, identidem repetitur, et successiones nondum bene cessarunt: in aliquibus denique regionibus eorum repetitio est, ut ita dicam, periodica. In Iamaica, ex. gr., per singulos annos hoc triste phaenomenon repetitur.

1021. Hujus terribilis phaenomeni caussa non alia assignari potest, quam illa, a quibus gigni Vulcanos asserunt Geologi fere omnes, nempe ab inaequali refrigeratione strati interioris et exterioris nostrae Telluris, vel ab actione, quam aer et aqua in interiorem massam adhuc candentem et nondum probe oxydatam ejusdem Telluris exercent. Ex enumeratione praecipuorum terraemotuum, qui in variis mundi partibus luctuosissimos effectus produxerunt(1), patet, quamdam immediatam relationem existere inter terraemotus et vulcanicas eruptiones; nam ingens fluidorum aeriformium enodatio semper terraemotum vel comitatur vel sequitur, et forsan ei originem praebet. Ignis enim Terrae centralis, cujus existentia ex multis indiciis Geologis fere omnibus hodie tamquam indubia videtur (477, et 957), sive aerem in subterraneis voraginibus existen-

(1) Vide Lecoq. *Elements de Geologie Part. II. Chap. 22.*

tem expandendo, sive aquam aliasque substantias combustibiles vertendo in gas et in vapores, efficit, ut hi ingentem vim exerant contra obstacula, in quae incurrunt; inde terrae tremor. Huic caussae accedit etiam electricitas: quum enim meteria electrica in Telluris, quae est electricitatis *commune receptaculum* (753), profundioribus regionibus reperiatur; hujusque fluidi indoles ea sit, ut semper ad aequilibrium tendat (748); patet, idem fluidum, ubi sese uniformiter expandere nitatur, et ad aequilibrium se componere in omnibus Terrae partibus, omnia obstacula, quae ejus diffusionem impediunt, succutere, disrumpere, atque superare debere. Accedit quod terraemotus immani celeritate, ut fluidum electricum (799), propagatur. Terraemotum namque saepe protendi ad milliaria 200, et quandoque etiam ad 3000 atque etiam amplius, simulque eodem ferme tempore in tanta amplitudine et extensione excitari, nullus est qui ignorat. Terraemotus Ulyssiponensis (1) eadem ferme hora vastavit tum occidentales Europae oras usque ad Daniam, et Helvetiam, tum oras Africae septentrionalis, pluresque Imperii Marrochii urbes diruit atque evertit. Aequilibrii autem abruptio in fluido electrico ab omnibus iis fermentationibus et chemicis compositionibus ac decompositionibus petitur, quae in Terrae visceribus fiunt, quaeque si primario ab igne centrali minime producuntur, ab eo tamen plurimum adjuvantur. Quare non immerito ajebat Plinius (2), *non aliud esse in terra tremorem, quam in nube tonitru*.

1022. *Vulcani*. Ex interiori Telluris temperatura, et ex phaenomenis quae nuper exposuimus (1021), merito inferre possumus, Tellurem esse quamdam massam candentem in fusionis statu, solida crusta cujusdam densitatis coopertam. In aliquibus ejus superficiei locis quaedam communicationes inter ejus partes exteriores et interiores existunt, unde ignis centralis exterius se prodens, plurima phaenomena diversae intensitatis ac speciei producit. Horum phaenomenorum caussa et effectus *Vulcani* nomen indistincte sortiuntur, quamvis proprie pars interior unde vis vulcanica erumpit, *focus* vocetur, *eruptionis* autem nomine exprimantur phaenomena simul sumpta, quae ex eadem vi gignuntur. Focus majori vel minori activitate praeditus esse potest; eruptiones autem magis vel minus frequentes. In his plerumque uberiores fluidorum aeriformium (gas) enodationes fiunt, substantiae sabulosae et pulverulentae foras ejiciuntur, lapides solidi aut imperfecte liquentes ingenti vi eructantur, et torrentes cujusdam substantiae compactae et candentis, quae vulgo dicuntur *lave*, evomuntur, quaeque refrigera-

(1) Vide hujus descriptionem in Baretti, *Lettere scelte*, *Lettera sul Tremuoto di Lisbona*.
(2) Plin. *Hist. Nat. Lib. II, C. 79*.

tione fiunt solidae. Haec omnia calor et flamma, rumores subterranei et terraemotus semper fere comitantur. Vulcani ostium in alicujus montis cacumine semper existit, totumque montem substantiis ejectis operit; quumque substantiarum rapida et violenta ejectio impediat ne illae in ostium ipsum recidant, fit ut prope idem ostium efformetur quaedam concavitas plerumque irregularis et fere rotunda, infundibuli vel coni inversi formam exhibens, quaeque idcirco *crater* vocatur. Inde evenit ut crater ut plurimum existat in vertice montis coni figuram habentis, quam ex eruptionibus vulcanicis sibi conciliavit. Ex hoc autem minime sequitur omnes dictas circumstantias necessario requiri ut Vulcanus proprie dictus constituatur. Eruptiones praeterea non semper terraemotu, succussionibus, et ejectionibus substantiarum illarum, quas *lave* appellavimus, comitantur; nunquam tamen a calorici et fluidorum aeriformium enodatione sunt dissociatae.

1023. Omnes, quae super Vulcanis institui possunt, quaestiones, seu omnem eorum theoriam ad quatuor praecipua problemata clare ac dilucide redigit illustris Eques Ferd. de Luca, vir in Physicis ac praecipue Mathematicis rebus nulli secundus, domesticis atque exteris magni habitus, Neapolitanae R. Societatis Borbonicae (Academiae Scientiarum, Herculanensis, et Bon. Artium) Secretarius perpetuus et decus insigne, cujus luminibus me profecisse glorior. Ejus eruditissimam hac super re Dissertationem (1) breviter hic exponere juvat. Problemata, quae vir clarissimus proponit, haec sunt: 1. Ad Vulcanorum existentiam requiritur ne omnino ut in maris, vel alicujus ingentis lacus vicinia illi sint positi? 2. Quaenam distantia inter duos vel plures Vulcanos necessaria est, ut hi ad unum vel plures Vulcanos pertinere dicantur? 3. Figura conica est ne absolute necessaria ut mons aliquis ignivomus *Vulcani* nomen sortiatur? 4. Quodnam temporis intervallum sufficere potest, ut post eruptionem Vulcanus aliquis extinctus dici possit? Illustris hujus Dissertationis Auctor notat, ex 300 et amplius Vulcanis, qui usque adhuc sunt cogniti, exceptis tribus aut quatuor recenter detectis, omnes vel prope mare, vel prope ingentes lacus positos esse, aeque ac insulae, quarum existentia non alii caussae, quam vulcanicae actioni uuice debetur. Idem omnes insularum aggregationes (gruppi d'isole) in aquarum superficie existentes ad examen revocat, unde colligit easdem phaenomenorum vulcanicorum evidentia indicia praebere, pluresque earum Vulcanis activis ac perennibus praeditas fuisse. Ejus generis observationes usque ad praesens saeculum confectae caussa fuerunt, ut tanquam theoria geologica statueretur, « *Vulca-*

(1) *Mem. sui Vulcani del Cav. Ferd. de Luca* letta nel Congresso degli Scienziati in Napoli nel 1845.

nos esse montes ignivomos coni figuram habentes, qui vel in oris maritimis existunt, vel insularum, quae aquis ambiuntur, formam referunt»(1). Attamen nullus adhuc perspexerat in Perside existere Vulcanum *Demavend* veteribus cognitum, qui ab ora meridionali Caspii maris plusquam milliaribus 60 distat. Animadvertit D. de Luca P. Kirker primum omnium edidisse, Vulcanos mediterraneos dari in interioribus regionibus Monomotapae, Congo, Guineae, et Abissiniae, qui omnes magis vel minus a mari distant. Animadvertit etiam idem Vir clarissimus Dnos Monrad et Ruppel observasse quosdam Vulcanos in interioribus partibus regionis, quae *dei Calbonghi* dicitur, et in *Kordofan*, quorum primi ab Oceano Atlantico in Guinea meridionali 200 milliaribus et amplius distant, alteri vero a mari Rubro distant 700 milliaribus et amplius. Sed Vulcani *Pe-kan* vel *Eskibach*, et *Hotcheou* nuper detecti in vastissimis Asiae centralis jugis primam quaestionem definierunt, nempe ad Vulcanorum existentiam non requiri tamquam conditionem necessariam ut ad marium vel lacuum propinquitatem illi sint positi. Equidem horum primus in dorso boreali montis *Thian-chan* positus, distat occidentem versus a Caspio mari 1200 milliaribus geographicis (milliaria 60 pro singulis gradibus), ab Oceano Arctico milliaribus 1100, et ab Oceano Pacifico orientem versus milliaribus 1600 distat. Vulcanus autem *Hotcheou* in parte meridionali montis *Thian-chan-nan-lou* plusquam 900 milliaribus distat ab Indico Oceano, qui ipsi vicinior est. Praeterea Vulcani *Ararat*, *Elbrutz*, *Mulundu-Zambi*, *Seiban*, *Diebel-Keldughi*, aliique Vulcani mediterranei novissime detecti, super quos omnes attento animo suas investigationes intendit claris. De Luca, rationes illi subministrarunt, ut assereret « *ad Vulcanum constituendum necessario non requiri conditionem, ut prope mare vel lacum illi sint constituti* ». Ex quibus rationibus, et ex aliis factis, quae accuratissime, ut solet, in censum vocat, ille sequenti modo concludit: « I vulcani sono l'effetto « del sollevamento dovuto alla pressione prodotta, nelle prime epoche « della Natura, sulla sottoposta materia fusa, dal ritiramento dell'invo- « lucro terrestre a cagione del suo raffreddamento; e posteriormen- « te per opera dell' accensione e dello sviluppo istantaneo dei gas « sotterranei, in virtù del quale la materia vulcanica, dopo di aver « gonfiato l' involucro terrestre, si è fatta strada al di fuori; o fi- « nalmente per effetto dell' elettrico che ha potuto trasportare le la- « ve vulcaniche infiammate sulle cime piuttosto che sulle pianure, « per quella nota proprietà del fluido elettrico che si accumula sul- « le punte, ove la sua tensione, superando la resistenza dell' aria « scappa fuori con impeto e rumore ».

(1) Vide *la Geognosia* di M. Tondi, Napoli 1824.

1024. Vulcanorum sedes itaque, juxta Dni De Luca mentem, est nimis profunda; omnesque ab igne centrali Telluris suam originem trahunt: substantiae autem candentes, quae sub nostris pedibus vastissimam zonam terrestrem occupant, omnes Telluris prominentias vel lente, vel per subitas emissiones gignunt, unde montium juga, et Vulcani efformantur, qui certo ac determinato ordine per Telluris superficiem distribuuntur. Facta innumera ille profert ut hanc thesim firmissime statuat: rumores subterranei, qui maxime in Americanis regionibus super amplissimis zonis ad ingentes Vulcanos *delle Cordigliere* e *di Quito* pertinentibus saepe audiuntur; novae insulae ex actione vulcanica exortae in quadam zona maritima, uti sunt insulae Arcipelagi Ellenici, insulae Canariae, Azorides etc.; terrae quae simul attolluntur et deprimuntur, uti evenit in Provinciis *Omi* in insula *Niphon*; insulae, quae aliquando, cessantibus phaenomenis vulcanicis in vicinioribus continentibus vel insulis, e mari attolluntur, ut evenit in efformatione Insulae *Nyoe* circiter 40 milliaribus sitae in parte Sud-Ovvest *Islandiae*, quae simul ac exorta fuit, omnes hujus insulae Vulcani suam actionem intermiserunt; ingens quantitas substantiarum, quae vulgo *lave* dicuntur, a Vulcanis ejectae; congruentia celebris eructionis Vesuvii anni 1822 cum succussionibus prope *Carlsbad* in Bohemia; et caetera hujusmodi, totidem argumenta illi praebent ut concludat 1°, vim attractionis electricae concurrere debere cum vi impulsionis, quae accensioni fluidorum aeriformium sub terra existentium debetur, ut explicari possit translatio substantiarum vulcanicarum ab ima earum sede ad vertices montium ardentium: 2°. Existere unicam zonam vulcanicam, quae Vulcanis a se invicem valde dissitis alimentum suppeditet, ad cujus zonae existentiam confirmandam in examen revocat tum tabulam Americae geographicam, tum dispositionem quam habent illius vastissimae regionis Vulcani numero et magnitudine insignes. Inter caeteros in exemplum adducit Vulcanum regionis *Nicaraguae Coshiguina* dictum, qui, ut ipse ait, « sebbene si elevi di sole 156 tese sulla superficie degli Oceani, « che bagnano la costa orientale ed occidentale di quella regione, « pure la sfera della sua attività si estende a così sterminate di- « stanze, che, collocato nel posto del Vesuvio, le detonazioni di « questo piccolo vulcano sarebbero tali da udirsi in quasi tutta « l' Europa, a Lisbona, a Liverpool, a Gottemburg, a Karkof, e fi- « no alle falde del Caucaso ». 3.° Etsi haec vastissima vulcanica zona sit unica, et superficiei terrestri concentrica, nihilominus Auctor saepe laudatus Vulcanos omnes ad quinque categorias redigit, et secundum eorum diversam positionem, in quinque diversas zonas terrestri crustae solidae concentricas distribuit, rationes sequentes proferens, nempe « la successiva formazione di tutti gli

« Arcipelaghi e gruppi insulari; e la distribuzione dei crateri vul-
« canici e presso al mare e sulle catene dei monti e nelle pianure
« mediterranee; e le scosse sotterranee avvertite a distanza di cen-
« tinaja e migliaja di miglia da un Vulcano in azione, e soprattut-
« to le detonazioni dell' umile *Coshiguina* annunzianti una zona
« non minore di tutta l' Europa ; e i sordi rumori avvertiti in
« ogni tempo , senza saper rendere ragione di essi ; e l' alter-
« nazioni delle eruzioni vulcaniche dei vani e bocche ; e l' im-
« menso volume delle materie vomitate da ogni Vulcano ; e le
« particolarità dell' Islanda da non potersi altrimenti spiegare , se
« non considerandole colla vicina Groenlandia , come un solo
« Vulcano ».

1025. Quinque Zonae vulcanicae nuper memoratae sunt sequentes: 1.ª est *Zona Europaea*, ad quam pertinent *Vesuvius*, *Hetna*, *Insulae Aeoliae*, *Arcipelagus Ellenicus*, omnesque alii Vulcani, quos *extinctos* vocant, in omnibus Europae regionibns, ejusque insulis, Azoridis minime exceptis, existentes: 2.ª est *Zona Asiatica*, in qua comprehenduntur Vulcani Continentis Asiae, et in Arcipelago *Japonensi*, *Kuriliano*, *Meganesiae*, et *Australiae* existentes: 3ª est *Zona Africana*, ad quam spectant Vulcani regionis *Kordofan*, regionis dictae *dei Calbonghi*, Vulcanus *Mulundu-Zambi*, Vulcani insularum *Maderae*, Vulcanus *Capitis Viridis* , Vulcani in Insulis *Canariis*, in *Magdagascar*, in *Mascarena*, in Insulis *Ammiranti*, *S. Pauli*, *S. Petri*, etc. existentes: 4ª est *Zona Americana*, quae comprehendit omnes magnos illos Vulcanos, qui terribili sua luce illuminant longam catenam *delle Andi* dictam, ab extremitate australi Americae (dalla *Terra del Fuoco*) usque ad summitatem Peninsulae *Alatska* versus occidentem ; illosque omnes , qui versus orientem sunt positi usque ad Islandiam: 5ª denique est *Zona Oceanica*, ad quam referuntur Vulcani innumeri in Polynesia existentes, cujus insulae de die in diem multiplicari videntur, ob novas terras, quae vi impulsionis vulcanicae ex aquis emergunt. Hac ratione immensa zona terrestris in quinque alias zonas secundarias partitur, quarum singulae plures Vulcanorum aggregationes (gruppi) comprehenduut.

1026. Juxta hoc systema resolutum remanet quoque problema secundo loco positum , quod etiam Dnus Arago proposuit , scilicet , distantiam non esse elementum necessario requisitum ut Vulcanus aliquis dici possit ab alio diversus, quum omnes Vulcani ad datam Vulcanorum aggregationem (gruppo) referri possint, uti sunt, ex. gr., Vulcani Insularum Azoridum , Canariarum , etc. ; omnesque autem Vulcanorum aggregationes ad zonas sibi proprias referantur. Problema tertium etiam solutum manet. Sequitur etiam ex hoc systemate, nullum Vulcanum revera dici posse extinctum, etiam-

si externe nullo vulcanico signo, uti sunt mephitae, aquae thermales, etc., comitetur. Aliquis conus vulcanicus multis saeculis suas eruptiones intermittere potest, et in absoluta cessatione constitui; deinde novo vigore iterum furere, uti evenit in nostro Vesuvio, qui quum per multa saecula ad hominum memoriam siluisset, nullumque edidisset suae activitatis signum, ut refert Strabo (1), tandem anno 79 post Christum natum, sub Tito Vespasiano Imperatore, suas terribiles eruptiones resumpsit, et, ut quidam cecinit,

« Evomuit pastos per saecula Vesuvius ignes »,

novoque semper aestu furere videtur. Idem etiam in pluribus aliis evenit.

Ad Iuventutis ampliorem eruditionem, et memoriae juvandae caussa, opportunum ducimus hic Tabulam referre, in qua veluti ob oculos ponuntur numerus et distributio Vulcanorum *activorum* in superius dictis quinque zonis vulcanicis.

MUNDI PARTES	IN CONTINENTIBUS	IN INSULIS	SUMMA
EUROPA	1	23	24
ASIA	17	29	46
AFRICA	5	9	14
AMERICA	86	28	114
OCEANIA	»	108	108
Summa	109	197	306

(1) *Hisce locis incumbit mons Vesuvius amoenissimis habitatus agris, excepto cacumine. Id magna ex parte planitiem habet, fructum nullum omnino ferentem, et cineres in prospectu habens, cavernosaque monstrat antra, combustis ex petris, ut color indicat; utpote quas ignis abroserit; quare conjecturis assequare plagam istam prioribus annis ardere solitam, et ignis habere crateras; restinctam autem esse, cessante materia.* Strab. *Geograph. Lib. V.*

In prima illa eruptione anni 79 nostrae aerae diem obiit supremum Plinius Historiae Naturalis auctor, qui hujus mirabilis phaenomeni apectandi caussa ibidem accesserat; et civitates Pompeja, Herculanum, et Stabiae cineribus atque lapillis a Vulcano ejectis obrutae fuerunt.

Ex omnibus Vulcanis in dictis quinque zonis existentibus eminentiores sunt Vulcani zonae Americanae in catena *delle Andi* dicta; *Vesuvius* enim noster per 3800 pedes, *Aetna* per 9000 pedes et amplius supra maris libellam extolluntur; at Vulcani *di Cotopaxi* et *di Antisana* in Aequatoris Republica extolluntur primus per 17711 pedes, alter vero per pedes 17968 supra maris libellam; Vulcanus *di Gualatieri* in Republica Peruviana pedibus 20540; Vulcanus denique *di Acongagua* in Chiliensi Republica pedibus 22470 extollitur; hujus postremi altitudo scilicet ea est, ut si Aetna, Vesuvius, et Hecla invicem superimponerentur, eos omnes sua altitudine plus quam mille pedibus ille superaret.

SECTIO II

DE COSMOGRAPHIA.

1027. Inter caeteras Scientiae naturalis partes tum voluptate, tum utilitate principem locum tenet *Cosmographia* (1), quae mirabilem hujus Mundi harmoniam perscrutatur et observat; ac corporum coelestium motus, viresque, a quibus hi producuntur, exquirit et pensat. Nulla alia Scientia magis quam ista, mentes hominum tot sublimibus speculationibus de tot tantisque, tamque longe dissitis corporibus mirifice delectat, et summa jucunditate recreat. Ejus usus latissime patet: ejus namque luce destituti, nec Geographi Telluris figuram et magnitudinem, locorum situm et distantiam investigassent; nec Chronologi certam anni mensuram, et res gestas secundum temporum seriem dispositam signassent, ac proinde nullus quoque fuisset historiae, vitae magistrae, locus: absque ejus auxilio nautae non tangenda vada numquam tentassent, nec ultimas terrarum oras invisissent. Sed inter alias, easque maximas, Cosmographiae utilitates illa est praecipua, quod ad cognitionem Summi et Omnipotentis Dei Coeli terraeque Conditoris nos ducit, quum non aliunde magis evincatur Dei Potentia summaque Sapientia, quam ex siderum, motuumque coelestium contemplatione: nihil certe magis rapit hominum animos in Dei admirationem, reverentiam, et amorem, quam tot, tantorumque corporum et luminum coelestium motus ordinatissimi, obviationes ad invicem, certissimi et determinati orbes, divinitusque praescriptae regressionum leges concinnitate mirabili. Hinc merito Psaltes Regius canebat: *Coeli enarrant gloriam Dei, et opera manuum ejus annuntiat Firmamentum* (2); et: *Annuntiaverunt coeli justitiam ejus, et viderunt omnes populi gloriam ejus* (3). Lubenti itaque animo hac Tractationem (quam veluti Physicae fastigium consideramus) adgredimur; eamque in decem capita partimur, in quorum primo corpora coelestia eo modo, quo in sensus incurrunt, contemplabimur; in altero Tellurem, quam incolimus, prout est in seipsa, considerabimus; in tertio a Tellure ad corpora coelestia assurgemus, et qua ratione Astronomi eorum a Tellure distantias apprehendunt, inspiciemus; in quarto de motibus Planetarum, ac praecipue Telluris, circa proprium axem verba faciemus: in quinto veram Systematis Planetarii notionem exponemus; in sexto de Planetis primariis speciatim loquemur; in se-

(1) A κόσμος, mundus, et γράφω.
(2) Ps. XVIII. v. I.
(3) Ps. XCVI. v. 6.

ptimo de Planetis secundariis seu Satellitibus, ac praecipue de Luna; in octavo de Cometis; in nono de Stellis fixis sermonem instituemus: ultimo tandem caussam motus corporum coelestium explorabimus. His omnibus appendicem subjungemus, in qua praecipuas et valde necessarias notiones, quae ad temporis mensuram pertinent, trademus.

CAPUT PRIMUM

DE CORPORIBUS COELESTIBUS GENERATIM, PROUT IN SENSUS INCURRUNT, INSPECTIS.

1028. Dum coelos suspicimus, coelestiaque contemplamur, quocumque in loco simus constituti, in centro magnae alicujus sphaerae concavae positi esse videmur (1). Interdiu haec amplissima sphaera Sole illuminatur, qui ab oriente, tamquam sponsus a thalamo suo procedens, suum gyrum peragit per meridiem, et ad occasum pergit, donec nostro aspectui se subtrahat. Tunc lux, quae illum comitabatur, sensim extinguitur, et innumera sidera diversae magnitudinis apparent, quorum ea, quae vertici nostro imminent, post aliquod temporis intervallum, versus occasum descendunt, et alia interim, quae prius versus orientem posita erant, supra nostrum verticem ascendunt; illa, quae versus occasum extremas coeli plagas occupabant, mox inconspicua redduntur, dum alia quae prius erant inconspicua, in extrema coeli ora versus orientem apparent, quae pariter pro sua vice per coelum discurrunt, donec tandem, aeque ac Sol, nostro subtrahantur aspectui. Tota itaque sphaera coelestis circa seipsam converti ad sensum apparet. In hac autem coelestis sphaerae conversione unum tantum sidus septentrionem versus immotum prorsus conspicitur, circa quod omnia alia intra 24 horarum intervallum volvi videntur; quorum illa, quae huic sunt proximiora, nostris oculis semper sunt conspicua, et motu suo circulum describunt, quem per totam noctem tueri possumus; reliqua vero, prout ab eo sunt remotiora, vel circuli arcum describunt, vel arcum minimum prope Tellurem percurrere videntur, et statim ac oriuntur, occidunt (2). Hic motus, quem sphaera mundana intra 24 horarum spatium perficere videtur, *motus siderum diurnus* vocatur.

1029. Quamvis vero in sphaerae mundanae conversione omnia sidera inter se eumdem semper in suis motibus videantur servare

(1) Celi concavitas est oculorum nostrorum illusio (681), ut Opticis constat.

(2) Punctum illud immobile, circa quod omnia sidera converti videntur, vocatur mundi *polus*. Mundi polus proprie dictus, ut infra videbimus, non est ipsum sidus, sed prope illud constitutum.

situm ac distantiam; sunt tamen quaedam inter ea, quae non eamdem secum ipsis et cum aliis servant situum ac distantiarum rationem, sed vi cujusdam motus particularis, sive proprii, successive ex una in aliam coeli plagam trasvehuntur. Sol, ex. gr., motu sibi proprio instructus esse videtur; nam nunquam oriri et occidere in iisdem locis perspicitur. Sub finem mensis junii surgit in ea orientis plaga, quae ad septentrionem magis appropinquare videtur, arcum majorem in coelo percurrit, et in hora meridiana fere vertici nostro imminet; dum sub finem mensis decembris surgit in ea orientis plaga, quae meridiei proxima est, a nostro vertice magis recedit, et circulum minorem describit; eaque caussa (ut postea videbimus) diversa anni tempora, et inaequalitates dierum gignit. Luna item variis mutationibus obnoxia est: incipit se prodere versus occasum, prope Solem, lunulae formam exhibens, quae major quotidie evadit, prout a Sole recedit, donec tandem, occidente Sole, oritur in parte eidem opposita, sub forma disci splendentis; denique ejus discus splendens sensim minuitur, et noctis tempore tardius oritur, donec tandem summo mane Solem antecedit, prout in priore sui cursus tempore post Solis occasum apparebat. Hae variae Lunae mutationes intra unius mensis intervallum absolvuntur, et eodem ordine semper repeti solent.

1030. Patet itaque majorem siderum partem eamdem semper servare inter se situs ac distantiae rationem: haec sunt, quae vocantur *Stellae fixae*, earumque splendor nulli mutationi obnoxius est. Quaedam autem sidera, aeque ac Sol et Luna, motu sibi proprio per coelum transvehuntur, et circa Solem, ut videbimus, suam orbitam describunt: haec vocantur *Planetae*, seu *errones* (1), eorumque splendor augetur vel minuitur pro ratione situs, quem respectu Solis vel Telluris occupant (2). Aliquando etiam per coelum quaedam lucida corpora excurrunt, quae pro peculiaribus mutationibus, quas subeunt, semper vulgi stuporem atque admirationem excitarunt: haec, statim ac apparent, parva videntur, et tenuissima luce praedita; sensim deinde grandiora ac lucidiora evadunt, et post se longos lucis tractus, sub specie caudae cujusdam splendentis, emittunt: haec vocantur *Cometae* (3); et pariter circa Solem suum iter motu sibi proprio, qui mutationibus obnoxius esse potest, describunt, ut postea dicturi sumus. Observatione denique constat, aliquos Planetas suis *Satellitibus*, seu planetis secundariis, cingi, qui circa eos suas perficiunt circuitiones, quemadmodum et il-

(1) A πλανάομαι, erro, vagor.

(2) Veteres non amplius quam septem Planetas agnoverunt, nempe Lunam, ut ipsi autumabant, Solem, Mercurium, Venerem, Martem, Iovem, et Saturnum. Plurimi post Pythagoram Tellurem pro Sole inter Planetas recensere solebant. Nostro hoc saeculo Planetarum numerus valde excrevit, ut infra videbimus.

(3) A κόμη, *coma*, quia late splendorem, velut comam, fundunt.

li circa Solem suam orbitam absolvunt. Atque ex horum omnium complexu *Mundanum*, ut ajunt, *Systema* exurgit.

1031. Porro ex hac siderum quotidiana observatione haec prono alveo fluunt. 1.° Omnium siderum, quae in coelo conspiciuntur, major pars tanquam iufixa in amplissima superficie coelesti, quae motu suo ab oriente in occidentem cietur, nobis apparet; aliqua vero per eam motu sibi proprio libere excurrunt; omnia autem arcus circulares super eam describunt inter se invicem parallelos circa punctum aliquod, quod dicitur *Polus*. 2.° Sidera omnia in diversis plagae orientalis partibus oriri conspiciuntur desub circulo illo amplissimo, ad quem nostra visio terminatur, quique idcirco dicitur *horizon*; sensim in coelum ad maximam altitudinem conscendere videntur, ex qua deinde pari gradu descendunt, donec in parte occidentali subter eumdem circulum absconduntur: omniaque puncta, quae maximam siderum altitudinem designant, sunt in eodem plano, quod *meridianus* dicitur. 3.° Sidera omnia inter unum ortum et alium immediate subsequentem semper idem temporis intervallum insumunt. 4.° Sidera tot temporis spatium impendunt in ascendendo ab ortu ad maximam altitudinem, quot insumunt in descendendo ex hac ad suum occasum. 5.° In plaga septentrionali est unum sidus prorsus immobile, quod vel in polo circulorum parallelorum, quos reliqua sidera videntur describere, situm est, vel in loco eidem viciniori: hoc sidus propterea vocatur *Stella polaris*, et reipsa a *polo* distat per 1°, 47′. 6.° Sidera per amplius temporis spatium oculis nostris conspicua sunt, prout *Stellae polari* sunt proximiora, et viceversa. 7.° Denique quaedam sidera totidem horarum intervallo supra horizontem manent, ac infra illum delitescunt; eaque sunt illa, quorum orbitae in uno eodemque situ, qui *aequator* dicitur, inveniuntur.

1032. His positis, motus, quo sidera cientur, duobus modis explicari potest: id contingit, vel quia sphaera coelestis cum omnibus Stellis fixis, simul cum Sole ac Planetis, eorumque Satellitibus circa Tellurem ab oriente in occidentem intra 24 horarum spatium convertitur; vel quia Tellus nostra, cujus figura, sicut et aliorum Planetarum, est rotunda, circa Solem, aeque ac circa seipsam, ab occidente in orientem revolvitur, immobili manente sphaera mundana; in hoc enim casu quum Tellus nostra successive omnia suae superficiei puncta ad sphaerae coelestis varias partes exhibeat, phaenomena motus corporum coelestium eodem prorsus modo eveniunt, ac si ipsa sphaera coelestis circa seipsam converteretur. Porro in ea nunc sumus aetate, in qua Astronomi luce meridiana clarius demonstrarunt, Tellurem nostram esse reipsa unum ex Planetis, nempe corpus mobile et erroneum; esse corpus rotundum, sicut et reliqui Planetae; circa suum axem converti intra 24 fere

horarum intervallum, et circa Solem intra spatium dierum $365\frac{1}{4}$; Lunam denique esse ipsius Telluris Satellitem, qui circa illam suum orbem perficit, quemadmodum ipsa circa Solem; ita ut motus coeli diurnus, et Solis motus annuus nihil aliud sint, nisi sensuum nostrorum illusiones, quae ratione et demonstrationibus emendari debent; quod exponendum adgredimur.

1033. Ut autem ordine in hac expositione procedamus, et a rebus notioribus ad minus notas pergamus, Tellurem prius in seipsa, deinde relate ad reliqua corpora coelestia considerabimus; exquiremus nempe ejus veram figuram, et circulos quos in ipsa fingunt Astronomi; deinde ejus a reliquis corporibus coelestibus distantiam inquiremus; postea ejus, ac reliquorum Planetarum motum circa proprium axem statuemus. His praejactis fundamentis, verum Mundanum Systema ad examen revocabimus.

CAPUT SECUNDUM

DE TELLURE INSPECTA PROUT EST IN SEIPSA.

1034. Antequam analysim phaenomenorum coelestium, quae oculis nostris obversantur, suscipiamus, opus est ut inquiramus quae sit figura Telluris, quam incolimus, scilicet, utrum sit plana et late pateat usque ad extremas coeli oras, ut oculis nostris apparet, an vero rotunda.

1035. Veteres putabant, Tellurem esse quamdam planam superficiem, aquarum abyssis circumvallatam, in quas Sol, ut refrigerium caperet, immergeretur, et inde mane emergeret. Hodie tamen exploratissima res est, Telluris figuram esse rotundam; idque ex pluribus constat argumentis. 1.° Enim omnes Stellas eamdem inter se distantiae ac situs rationem servare vidimus, et omnes simul cum coelesti sphaera, cui infixae apparent, moveri videntur. Si itaque Tellus foret plana, in qualibet terrestri regione eadem coelestia signa perspici deberent; quaemadmodum, e contrario, si in aliqua regione quaedam signa appareant, quae in altera sint inconspicua, vel prout ex una in aliam regionem a septentrione ad meridiem progredimur, signa etiam mutentur, tunc pronum erit colligere, Tellurem non esse planam, sed curvam. Atqui ita reipsa evenire experientia comprobatur: nam prout a septentrione ad meridiem progredimur, Stella polaris, vertici nostro fere imminens, sensim demitti videtur, et quo magis ad austrum pergimus, eo magis ad horizontem accedere, donec tandem nobis inconspicua redditur: item sidera et signa coelestia quae in Europa videntur, in Africa minime apparent; ea, quae habitatoribus Americae septentrionalis con-

spicua sunt, ab incolis Americae meridionalis minime videntur; ergo ex hac sola observatione infertur, Telluris superficiem esse curvam. 2.° Lux a Sole oriente emissa successive diffunditur in omnes Terrae regiones; atqui si Tellus plana foret, ubi Sol super horizontem apparet, illico omnes superficiei terrestris partes ab ipsius radiis percellerentur. 3.° Ubi in maris littore consistimus, et navis aliqua in alto apparet suo cursu ad nos pergens, antennarum summitates prius conspicimus, dein ipsius navis superiores partes veluti ex aqua emergere videntur, denique totum navis corpus conspicuum redditur. Idem evenit, ubi per amplam planitiem iter facientes ad civitatem aliquam accedimus; tunc enim turrium et aedificiorum summitates prius apparent, deinde eorum bases; quando autem ab eadem civitate recedimus, prius aedificiorum bases, postea vero eorum partes mediae, demum summitates ab oculis nostris evanescunt. Cujus quidem rei non alia esse potest caussa, nisi Telluris rotunditas, cujus superficies curva *adb* (Fig.1ª.) inter objectum *N* et oculum nostrum *O* se se interponit; nam si Tellus plana foret, ut *acb*, turris *N*, prout ab ea recedimus, minor quidem ex anguli optici imminutione oculis nostris appareret; attamen semper integram sese conspiciendam praeberet, donec tandem adeo ad sensus imminueretur, ut oculorum aciem fugeret. 4.° Non aliunde quam ex Telluris rotunditate fieri potest, ut si nos in planitie aliqua aut in elatiore loco positi oculos quaquaversus circumagamus, visionis nostrae sensus limitetur amplo quodam circulo, ultra quem sese extendere nequit, qui circulus *horizon* vocatur, quique, prout situm mutamus, pariter mutatur. Quum autem hoc phaenomenon, et aliud in n.° 1.° expositum eadem semper ratione repetantur, et istud quidem in qualibet directione situm mutamus, illud vero prout a septentrione ad meridiem procedimus; quumque objecta, de quibus n.° 3.° loquuti sumus, oculis nostris appareant, vel ab ipsis evanescant fere uniformiter, prout situm mutamus; hinc non immerito vel ab antiquis temporibus statutum fuit, Telluris formam ad sphaeram accedere. 5.° Haec opinio suum robur accepit ex inspectione eclipseos Lunae: ut enim postea videbimus, Lunae eclipsis tunc locum habet, quum, ex interpositione Telluris inter Solem et Lunam, haec ab ejus umbra obfuscatur; umbra autem, quam Tellus projicit, est rotunda, eodem prorsus modo ac umbra alicujus globi, qui candelae accensae objicitur: ergo Telluris forma est sphaerica (1). 6.° Sed Telluris rotunditas tunc demum evidentissime patefacta est, quum, inventa pyxide nautica, homines oceano sese commiserunt, vada prius non tangenda transilierunt, et in regiones non

(1) Haec verba nolim stricte accipias, ex ijs quae diximus in n. 237, et postea uberius demonstrabimus.

antea visas appulerunt. Ferdinandus Magellanus, ex Lusitania oriundus, omnium primus anno 1519 ausus est totum Telluris globum circumgyrare (1) eo prorsus modo, quo montem excelsum peragrare possumus, proficiscendo ex aliqua ipsius parte, ad quam, circuitione peracta, ex parte opposita revertimur; vel quomodo muros urbis alicujus circumire possumus, si ab aliqua ejus porta ad austrum posita iter incipientes, per viam orientalem pergamus, deinde ad aquilonem et occidentem flectentes, itinere circa muros absoluto, ad eamdem portam contraria, qua egressi sumus, directione regrediamur. Post Magellanum innumeri alii Terram circumierunt (2). Hinc hodie nulli dubium est, Tellurem esse globum in mundano spatio innatantem, uti Sol, Luna et alia sidera.

1036. Quum igitur Telluris figura sit ferme sphaerica (1035); coelum autem cuivis spectatori instar magni hemisphaerii cavi appareat, in cujus superficie Stellae sint constitutae, ipse autem in centro sit collocatus (1028); rerum coelestium cultores, ut ad puncta fixa suas referre possent observationes, primitus imaginati sunt, Tellurem, quam *sphaeram terrestrem* vocarunt, *in centro sphaerae coelestis* sitam esse, et super illam plures circulos confinxerunt, quibus totidem circulos concentricos in sphaera coelesti positos respondere opinati sunt (3). Quamvis autem haec sit mera eorum confictio, mirum quantum in astrorum scientia haec circulorum assignatio proficit: hinc necesse est, ut de his circulis tum in Sphaera coelesti tum in Sphaera terrestri inspectis breviter loquamur. In utraque autem Sphaera decem circuli apponi solent, qui *primarii* vocantur, sex *ma-*

(1) Infelix hic viator, profectus e Sibilia occidentem versus, delexit fretum, quod ab ejus nomine *Magellanicum* appellatur, et Americam meridionalem ab insulis *Terre del fuoco* vulgo dictis separat; hinc in magnum Oceanum, quem per antiphrasim *Pacificum* vocavit, sese immisil: sed quum post innumeros casus ad insulas Philippinas etiam a se detectas appulsus esset, inita pugna cum barbaris illius loci habitatoribus, ab iis confectus misere occubuit. Socii ejusdem navigationis inde profecti, transierunt per insulas *Molucas*, et in Hispaniam redierunt per caput *Bonae Spei*, anno tertio et diebus triginta postquam e Sibilia profecti fuerant.

(2) Post Magellanum Terram circumnavigarunt anno 1577 Franciscus Draco Anglus, anno 1586 Thomas Cavendisch item Anglus, anno 1590 Simon Cordes Roterodamensis, anno 1598 Olivierius Noort Batavus, et anno 1625 Iacobus Heremiles et Ioannes Hugenius, qui, directo constanter ad occidentem itinere, ab oriente in Europam redierunt. Idem confecit quidam Carreri Neapolitanus, qui ex Italia in Indias Orientales profectus, et inde in insulas Philippinas, demum in Mexicanas regiones pervenit, unde in Hispaniam remeavit, ex qua deinde Neapolim appulsus est anno 1698. Saeculo elapso Terram pluries circumnavigarunt Dampier, Lemaire, Anson, Bougainville, Cooh, Laperouse, Vancouver, multique alii. Nostris autem diebus, inventis navibus, quae vapore moventur, circumnavigatio glubi majori cum facilitate perficitur, quam elapsis temporibus per mare mediterraneum navigaretur.

(3) Ad majorem et commodiorem intelligentiam Astronomi sphaeram mundanam artefacta quadam sphaerula exhibent, quam *sphaeram armillarem* ideo vocant, quia ex circulis constat, velut annulis quibusdam et armillis, quibus apparentes siderum orbitas, omnesque circulos, quos in sphaera mundana imaginati sunt, veluti ob oculos ponunt.

jores, et quatuor *minores*. Circuli *majores* sunt *Aequator*, *Horizon*, *Meridianus*, *Ecliptica*, et duo *Coluri* aequinoctiorum ac solstitiorum; circuli *minore*, sunt duo *Tropici Cancri* et *Capricorni*, et duo *Polares*, *Arcticus* nempe et *Antarcticus*.

1037. Ex iis, quae diximus (1028 et 1036), sequitur, sphaerae mundanae conversionem ex oriente in occidentem, seu, ut postea videbimus, conversionem Telluris ex occidente in orientem, peragi circa quamdam lineam, quae per ejus centrum transire concipitur, et ad coelestem superficiem utrimque terminari, quaeque *axis* idcirco vocatur. Duo hujus axis puncta extrema duobus coelestis superficiei punctis respondent, quae *Poli* vocantur (1); unus eorum *polus borealis* dicitur a vento borea inde spirante, itemque *polus arcticus* et *septentrionalis*, quia proximus est signo, quod graeci ἄρκτον, nos *Ursam minorem* appellamus, ex septem trionibus coalescentem; polus alter, qui eidem opponitur, *australis* dicitur ab austro vento illinc flante, et *antarcticus*, quia *arctico* opponitur. Inter haec duo puncta opposita Astronomi et Geographi alia duo puncta finxerunt aequaliter ab iis distantia; haec sunt *oriens* et *occidens*; prius in plaga unde Sol oriri nobis videtur, aliud in plaga eidem opposita, ubi Sol occidere apparet: et inde quatuor *puncta cardinalia*, nempe *septentrio*, *oriens*, *meridies*, et *occidens*, suam denominationem hauriunt; ita ut quaevis terrae vel coeli pars ad septentrionem, orientem, meridiem, vel occidentem alterius loci tunc esse dicatur, quando illa relate ad hunc locum ad eum modum sita est, quemadmodum puncta cardinalia, septentrio, oriens etc., se habent relate ad centrum linearum, quae haec puncta opposita conjungunt.

1038. Concipiamus nunc per sphaerae mundanae centrum transire planum A E (Fig. 2.ª) aequaliter a polis distans, et axi Pp perpendiculare; habebimus circulum, qui *Aequator* dicitur. *Aequator* igitur est circulus maximus *aequaliter distans* a mundi polis, qui sphaeram mundanam in duo hemisphaeria dividit, quorum unum APE habet pro vertice polum borealem P, et dicitur *hemisphaerium boreale*, seu *septentrionale*; alterum vero ApE habet pro vertice polum australem *p*, et dicitur *hemisphaerium australe*, seu *meridionale*. Aequatoris peripheria vocari etiam solet *linea aequinoctialis*, et a Geographis simpliciter *linea*. Circuli minores TT′, *tt′*, qui aequatori sunt paralleli, vocari solent *circuli paralleli*. Situs aequatoris in coelo determinatur ab iis sideribus, quae in suo motu diurno constanter horas duodecim omnibus anni tempestatibus nobis sunt conspicua, seu ex orbita quam Sol diebus aequinoctialibus describit. Inservit autem aequator ad indicanda et distinguenda ae-

(1) A πολέω, verto.

quinoctia ; quippe quotiescumque Sol hunc circulum percurrere videtur, ubique terrarum (exceptis iis regionibus, quibus alteruter polus directe imminet) noctes exaequantur diebus; id quod bis in anno contingit, nempe die 21 Martii, et 23 Septembris.

1039. Si per verticem spectatoris ducatur linea perpendicularis, quae per Terrae centrum transeat, et ad superficiem usque sphaerae coelestis utrimque pertingat, haec *linea verticalis* nominabitur. Punctum superius hujus lineae arabico vocabulo *Zenith* nuncupatur ; inferius , quod ipsi e diametro opponitur, dicitur *Nadir*. Hinc patet, tot esse posse lineas verticales , quot in Telluris superficie sunt diversa loca, e quibus coelum spectari potest ; adeoque, mutato loco, mutari etiam *zenith*. Concipe nunc planum lineae verticali perpendiculare , per Terrae centrum pertransiens, et ad sphaeram usque coelestem protensum, habebis *horizontem verum, rationalem*, seu *astronomicum*. Quumque innumerae esse possint lineae verticales, innumeri quoque horizontes rationales esse possunt. Est igitur Horizon *circulus maximus sphaerae , cujus poli sunt Zenith , et Nadir* , sphaeram mundanam et terrestrem in duo hemisphaeria dividens, in hemisphaerium nempe *superius*, in cujus vertice est zenith, et ideo est nobis conspicuum, et iu *inferius*, in cujus vertice est nadir, et idcirco nobis occultatur. Quod si concipias circulum eidem verticali etiam perpeudicularem, sed minime per Terrae centrum transeuntem, quemque unusquisque in planitie aut in sublimiore loco positus oculis quaquaversum circumactis sibi definiat, circulus iste minor erit horizonti rationali parallelus , partem sphaerae conspicuam ab ejus parte latente separabit , et *horizon apparens*, seu *sensibilis* vocabitur (1). Praecipuus horizontis usus est duplex; primus , ut coelum in dicta duo hemisphaeria secet ; secundus , ut in eo ortus et occasus siderum designentur.

1040. *Circuli verticales* dicuntur omnes circuli maximi, qui in sphaera, per zenith et nadir transeuntes, horizontem normaliter bisecant. Inserviunt hi circuli ad mensurandam siderum *altitudinem*, quae tanta est, quantus est arcus circuli verticalis inter horizontem et sidus interceptus ; sed Astronomi pro hac mensura vulgo utuntur *distantia a zenith* , quae est ejusdem verticalis complementum. Hinc Stellae in horizonte positae nullam habere dicuntur *altitudinem* ; sicut et *maxima* earum *altitudo* est, ubi in zenith sunt constitutae.

1041. Inter circulos verticales duo praecipui distingui solent,

(1) Ἀπὸ ὁρίζω, *termino*, quasi *circulus terminans objecta , ad quae nostra visio extendi potest.*

nempe *Meridianus, et Verticalis primarius. Meridianus* est qui per mundi polos transit, et horizontem in punctis, quae duobus polis sunt viciniora, quaeque propterea *puncta cardinalia*, seu *cardines septentrionis* et *meridiei* (*nord* et *sud*) dicuntur, bisecat. Intersectio planorum meridiani et horizontis, dicitur *linea meridiana*. Si autem in horizonte sumantur duo puncta, quae ab utroque nunc dicto cardine per quadrantem aequaliter distent, alia duo puncta cardinalia orientur, *cardo* nempe *orientis* (seu *Est*) in plaga orientali, et *cardo occidentis* (seu *Ovest*) in plaga opposita. Circulus autem verticalis, qui horizontem in cardinibus orientis et occidentis bifariam dividit, dicitur *Verticalis primarius*. Hinc patet, polos meridiani esse ipsos orientis et occidentis cardines; polos autem primarii verticalis esse cardines septentrionis et meridiei. Arcus horizontis interceptus inter cardinem meridiei et circulum verticalem per sidus aliquod transeuntem, araba voce, appellatur *azimuth* ejusdem sideris. Hinc, cognita *altitudine* et *azimuth* alicujus sideris, cognoscitur pariter ejus situs in sphaera coelesti. *Amplitudo alicujus sideris* est azimuthi complementum, estque vel *ortiva* vel *occidua* : *amplitudo ortiva* est distantia sideris orientis a puncto cardinali orientis; *occidua* vero est distantia sideris occidentis a puncto cardinali occidentis. Praecipuum meridiani officium est sphaeram coelestem in duo hemisphaeria, *orientale* scilicet et *occidentale*, dividere : indicat etiam Solis ac siderum *culminationem*, adeoque meridiei et mediae noctis tempora designat : Sol enim vel sidus tunc ad *culminationis punctum* pervenisse dicitur, dum per meridianum transit, tuncque maximam obtinet altitudinem aut depressionem, adeoque meridiem in primo casu (1), mediam no-

(1) Ubi linea meridiana super horizonte descripta sit, si ei objicias globulum plumbeum filo suspensum, certus esse poteris tunc esse meridiem verum, quando umbra a Sole projecta hanc lineam non intersecabit, sed cum illa unicam rectam efficiet. Methodus practica hanc lineam meridianam horizontalem inveniendi, ut tempus quo Sol in meridiano existit, determinari possit, atque proinde motus horologiorum ad Solis motum aptari, est sequens. In plano horizontali, quod ope libellae (309) determinari potest, ex eodem centro C (Fig. 5) describantur aliquot arcus concentrici BDA, *bda*, etc. In eodem centro C erigatur *Gnomon*, seu stylus CI plano ACBD perpendicularis, cujus longitudo sit dimidii vel integri pedis. Circa 21 Junii, vel 26 Decembris ante meridiem ab hora circiter 9 usque ad 11, et post meridiem ab hora circiter prima usque ad tertiam notentur puncta E, E′, vel e, e′, ex. gr., in quibus umbra styli terminatur; arcus EDE′, *ede′* bisecentur in D, *d*, etc. Recta C*d*D biseccans omnes arcus EE′, *ee′*, etc. erit linea meridiana quaesita. Quum enim styli umbra ante et post meridiem eamdem peripheriam attingat, id evidens signum est, Solem iisdem temporibus a meridiano aequaliter distare: linea igitur ducta per centrum circuli et illud medium punctum D debet esse in plano meridiani; atqui ex hypothesi est etiam in horizonte; ergo erit communis sectio eorumdem planorum, meridiani scilicet et horizontis, hoc est, *linea meridiana*. Quovis igitur anni tempore, dum styli umbra in ea linea versatur, praecise in eo loco est meridies; unde si indicem horologii ad horam duodecimam tunc aptaveris, horologium horas exacte indicabit. Notandum, pro gnomone adhiberi posse vel filum, a quo globulus plumbeus pendeat;

ctem in secundo indigitat. Metitur quoque meridianus poli altitudinem; quae tanta est, quantus est arcus meridiani inter polum et horizontem interceptus. Parisiis altitudo poli est grad. 48, 58′,15″, Neapoli vero est grad. 40, 51′, 10″.

1042. Si altitudines Solis meridianae per integrum annum observatae conferantur cum altitudine aequatoris; Solem quotannis bis in aequatore haerere deprehendimus, reliquo tempore vel ultra eum ad certum terminum ascendere, deinde rursus ad eumdem descendere, vel infra eum descendere ad terminum certum, et postea rursus ab eodem ad illum ascendere animadvertimus. Circulus itaque, sub quo Sol motu proprio incedere videtur, aequatorem duobus in punctis intersecat, et duobus in punctis ab eo recedit, ut cum eo angulum 23°, 30′ circiter capiat: hic circulus *Ecliptica* vocatur; dictus vero angulus *Eclipticae obliquitas* appellatur. Hinc patet, Eclipticam esse circulum sphaerae maximum. Duo puncta intersectionum aequatoris et eclipticae vocantur *puncta aequinoctialia*, *vernale* unum, unde Sol versus polum borealem ascendit; *autumnale* alterum, unde idem versus polum australem descendit: tempus autem, quando Sol in punctum aequinoctiale ingreditur, dicitur *aequinoctium*, quod ideo est vel *vernale* vel *autumnale*: puncta vero, in quibus terminatur ascensus Solis supra aequatorem, et descensus infra eumdem, vocantur puncta *solstitialia*, quae pariter sunt duo, prius *aestivum*, posterius *brumale* seu *hibernum*: tempus, quando Sol in puncta solstitialia ingreditur, vocatur *solstitium*, quod ideo pariter est vel *aestivum*, vel *brumale*. Duo circuli maximi per quatuor descripta eclipticae puncta transeuntes, et in mundi polis sese intersecantes, dicuntur *coluri* (1); *colurus aequinoctiorum* est ille, qui per puncta aequinoctialia transit; *colurus solstitiorum* dicitur alius qui per solstitialia puncta pertransit.

1043. Ad statuendos fines, quos Planetae in suis circa Solem motibus eclipticam neque dextrorsum, neque sinistrorsum praetergrediuntur, Astronomi imaginati sunt circumstare eamdem eclipticam hinc inde fasciam quamdam gradibus 18 latam, quam *zodiacum* (2) appellaverunt. Hodie tamen hujus fasciae latitudo amplianda esset: nam Planetae nuper detecti hos limites praetergrediuntur, ut videbimus. In zodiaco duodecim signa, seu *constellationes*, spatiis aequalibus descriptae sunt: tota fascia in 360 partes seu gradus dividitur, et singula signa in 30°, e quibus unum circiter gradum singulis diebus Sol conficere videtur, atque ita uno circiter anno 12

vel foramen in muro vel fenestra existens, per quod radius Solaris in lineam meridianam incidere possit.

(1) A κολυρος, sectus.

(2) Nomen *zodiaci* a ζῴδιον, *animal*, suum etymon habet, eo quod constellationes in eo contentae animalium figuris maxima ex parte pingi soleant.

signa decurrere. Nomina et ordo constellationum zodiaci his versiculis continentur:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces,
Signis sequentibus indigitantur.

♈ ♉ ♊ ♋ ♌ ♍ ♎ ♏ ♐ ♑ ♒ ♓

Singula haec signa numerari incipiunt a primo *arietis* gradu, in quo ecliptica aequatorem secat; enumerantur juxta ordinem in his versiculis descriptum, qui enumerandi modus fieri dicitur in *consequentia signa*, seu juxta *signorum ordinem*; quod si enumeratio fieret ab oriente occidentem versus, id est ab Ariete ad Pisces, etc. *in antecedentia signa*, et *contra signorum ordinem* fieri diceretur. Priora sex signa vocantur *borealia*, quia in hemisphaerio boreali sunt posita; sex posteriora dicuntur *australia*, utpote in australi hemisphaerio constituta. Ex iis sex etiam *ascendentia* vocantur, et sunt *caper*, *amphora*, *pisces*, *aries*, *taurus*, *gemini*, quia in iis percurrendis Sol ab austro ad boream ascendere videtur; sex reliqua vocantur *descendentia*, quia in iis Sol a borea ad austrum descendere apparet. Ultra hunc *zodiacum visibilem* alterum *rationalem* in suprema coeli superficie finxerunt Astronomi, in 12 partes aequales pariter divisum, quas partes *dodecatemorias*(1) et *signa anastra*, idest *sine astris*, vocarunt. Hujus duplicis zodiaci usum infra videbimus. Hic autem observandum, Astronomos, quum dicunt Solem, vel Planetas, vel Lunam esse in hoc vel in illo signo zodiaci, nihil aliud intelligere, nisi Solem vel Planetas esse sub ipso signo, seu Planetas illos inter oculos nostros et tale signum intercipi (2).

1044. Inservit Ecliptica, ut diximus, ad designandum iter, quod Sol (apparenter), et Planetae in suis motibus ab occidente in orientem conficiunt; et ad coelum in partem australem et borealem

(1) A δωδεκατημορια, duodecima pars cujusque rei.

(2) Dies, in quibus Sol, nobis in hemisphaerio boreali degentibus, dicitur ingredi singula signa, sunt quae sequuntur.

Die 21. Martii	. . . Sol ingreditur in signum	Arietis et fit aequinoctium vernale.
Die 20. Aprilis	........ingreditur in signum .	Tauri
22. Maji	. . . .	Geminorum
22. Iunii	. . . .	Cancri, et fit solstitium aestivum.
23. Iulii	. . . .	Leonis
24. Augusti	. . . .	Virginis
23. Septembris	. . . .	Librae, et fit aequin. autumnale.
24. Octobris	. . . .	Scorpii
23. Novembris	. . . .	Sagittarii
22. Decembris	. . . .	Capricorni, et fit solst. hibernum.
20. Ianuarii	. . . .	Aquarii
19. Februarii	. . . .	Piscis

dividendum; hinc fit, ut quaedam coeli regiones, quae respectu aequatoris sunt boreales, respectu eclipticae sint australes, et viceversa: tales sunt duo illa segmenta, quae inter aequatorem et eclipticam continentur. Est etiam caussa vicissitudinis tum dierum ac noctium in obliqua sphaerae positione, tum etiam quatuor diversarum anni tempestatum, de quibus infra; est locus in quo, vel prope quem Solis Lunaeque eclipses eveniunt; estque maxime initium *latitudinis* siderum, et locus ubi numerantur eorum *longitudines*. *Latitudo* enim alicujus sideris est distantia ejus ab ecliptica, et mensuratur per arcum circuli maximi inter centrum Stellae et eclipticam interceptum, atque ad eam perpendiculariter ductum. *Longitudo* autem Stellae est arcus eclipticae a principio Arietis usque ad circulum maximum ductum per Stellae centrum, et per polos eclipticae transeuntem, qui idcirco *Latitudinis circulus* dicitur. Hinc Sol pro diversis anni temporibus variam habere potest longitudinem, sed nullam habet latitudinem.

1045. Quemadmodum *latitudo* et *longitudo* alicujus sideris ad determinandum ejusdem sideris situm relate ad eclipticam inserviunt (1044): ita ad determinandum alicujus sideris situm relate ad aequatorem utuntur Astronomi *ascensione recta* et *declinatione*. Est autem *ascensio recta* alicujus sideris *distantia ejusdem a meridiano, qui per punctum aequinoctiale vernale pertransit*; haec distantia designatur arcu aequatoris inter initium *arietis* et punctum aequatoris, ad quod sidus referri solet; hinc *ascensio recta* alicujus sideris longitudini terrestri (de qua postea) respondet. *Declinatio* autem *est distantia sideris ab aequatore coelesti*, et *latitudini* terrestri respondet. Metiri solent *declinationem* ope arcus meridiani inter ipsum sidus et aequatorem intercepti; hinc, quum dicitur, ex. gr., Solis declinationem die solstitiali esse graduum 23,30′, nihil aliud intelligi debet, nisi arcum meridiani inter aequatorem et punctum ejusdem meridiani, cui Sol eo die imminet, esse graduum 23, 30′. Declinatio est *borealis* vel *australis*, prout sidus est in hemisphaerio boreali vel australi.

1046. *Tropici* sunt duo circuli minores aequatori paralleli per puncta solstitialia ducti, et ideo ab eodem aequatore per gradus 23,30′, distantes, quos describere videtur Sol motu suo diurno, quum signum Cancri vel Capricorni ingreditur; hinc primus eorum dicitur *Tropicus Cancri*, alter *Tropicus Capricorni*; inter illos siquidem continetur ecliptica, cujus veluti limites designant versus boream, et versus austrum. Quumque annuus motus Solis hos limites numquam praetergredi videatur, fit ut in iis contingant *Solstitia* (1); ad sensus enim Sol videtur hic aliquam moram facere, antequam regre-

(1) Solstitium, id est *Solis statio*.

diatur per eamdem viam, qua ibi devenit, hinc etiam dicti sunt *Tropici* a verbo graeco τρέπω, *verto*. Solstitium aestivum nobis in boreali hemisphaerio degentibus contingit in Tropico Cancri, brumale in Tropico Capricorni; id quod viceversa accidit iis, qui hemisphaerium australe incolunt. Distantia duorum Tropicorum inter se, nullo habito ad aequatorem respectu, invenitur observando altitudinem Solis meridianam cum in solstitio brumali, tum in aestivo; auferendo illam ex hac, distantia Tropicorum obtinebitur; ejusque pars dimidia erit maxima declinatio eclipticae.

1047. *Circuli polares* sunt duo circuli tropicis et aequatori paralleli, a polis mundi tanto intervallo distantes, quanta est declinatio eclipticae maxima, nempe graduum 23, 30′; ille qui polo arctico est vicinus, dicitur *polaris arcticus*; qui vero antarctico est proximus, vocatur *polaris antarcticus*. Hinc patet, hos circulos nihil aliud esse, nisi circulos, qui in diurna sphaerae mundanae conversione circa mundi polos ab eclipticae polis describuntur. Reliqui circuli inter polares et aequatorem interpositi vocantur, ut diximus (1038), *circuli paralleli*, quia aequatori reipsa omnes sunt paralleli, inter quos praecipui sunt tropici et polares. Circulorum parallelorum partes supra horizontem extantes, vocantur *arcus diurni*; eorum partes vero infra horizontem delitescentes *arcus nocturni* appellantur.

1048. Pergamus nunc ad eosdem circulos in Telluris superficie considerandos. Iam diximus (1036) eosdem circulos, quos in sphaerae coelestis superficie descriptos fingunt Astronomi, in Telluris superficie Geographos concipere; atque ita quidem quod si circulorum maximorum in Telluris superficie descriptorum plana ad coelum usque producta intelligantur, totidem respondebunt in coelo circuli maximi concentrici, quot in terrestri superficie descripti fuerint. Globus itaque terrestris suum habet *axem* pP, (Fig. 4), circa quem, spatio diurno, motu vertiginis rotat, estque pars axis mundani (1037). *Poli* Telluris sunt puncta axis extrema P et *p*, quorum alter P polo mundi nobis conspicuo oppositus, dicitur *arcticus* seu *borealis*; alter vero *p*, qui subjacet polo mundi nobis latenti, dicitur *antarcticus*, seu *australis*. *Aequator terrestris* est circulus maximus AA′ eosdem cum Tellure polos *P* et *p* habens, eamque in hemisphaerium boreale APA′ et australe ApA′ dividens (1). Dicitur etiam *circulus aequinoctialis*, et a nautis *Linea*. *Ecliptica* EE′ est circulus maximus, qui aequatorem *AA′* sub angulo 23°, 28′ secat, adeoque existit in plano eclipticae coelestis (1044). *Tropicus cancri* est circulus minor ET aequatori parallelus per initium can-

(1) Aequator terrestris Terram ita ambit, ut pertranseat per mediam Africam, per Oceanum Indicum, per Insulas Sumatrae et Bornei, per Oceanum Pacificum, et per Americam meridionalem a Quito in Regno Peruano ad fauces fluminis Amazonum.

cri pertransiens (1); *tropicus* vero capricorni T'E' est pariter circulus minor aequatori parallelus, per capricorni initium transiens (2); adeo ut tropici terrestres in planis sint tropicorum coelestium, et ab aequatore 23°, 28' intervallo distent. Circuli *polares arcticus* et *antarcticus* item in terrestri superficie aeque ac in coelesti existunt, intervallo 23°, 28' ab unoquoque polo distantes. Horizontis *terrestris* definitionem habes n.° 1039.

1049. Sed peculiarem considerationem meretur *Meridianus terrestris*. Est *Meridianus terrestris* circulus maximus *p*AP per polos Telluris *p* et P, et datum quemlibet locum pertransiens, atque aequatorem normaliter secans; hinc est in plano meridiani coelestis. Quum autem innumera in aequatore puncta concipi possint; hinc innumeri esse possunt meridiani: quumque praeterea meridianus integram Tellurem ambiat; patet, multa loca terrestria sub eodem meridiano sita esse. Hinc quia meridies est, quando centrum Solis in meridiano coelesti haeret (1036); in omnibus Telluris locis sub eodem meridiano sitis unus est meridies; et consequenter, quum horas a meridie numerare soleamus, in omnibus iis locis horologia eodem momento easdem horas indicare debent. Quoniam vero Sol citius appellit ad meridianum orientaliorem, quam ad occidentaliorem; patet, in locis orientalioribus citius meridiem esse, quam in occidentalioribus; et differentiam hujus meridiei esse proportionalem intervallo, quo duo loca inter se distant. Quum sphaera mundana (melius Tellus circa suum axem, ut infra videbimus) suam conversionem intra horas circiter 24 perficiat; omnis autem circuli peripheria in gradus 360 dividi soleat; manifestum est, omnes hos aequatoris terrestris 360 gradus successive a Sole illuminari intra 24 horarum intervallum; hinc 15 gradus horae unius spatio coram Sole transeunt; idcirco in locis, quae domicilio nostro orientaliora sunt gradibus 15, meridies una hora citius continget; in locis vero, quae domicilio nostro sunt totidem gradibus occidentaliora, meridies una hora tardius erit (3).

(1) Tropico Cancri immediate subjiciuntur Atlas mons in ora occidentali Africae, Syene civitas Aethiopiae, Mare rubrum, mons Sinai, Arabia Felix, Persiae fines, Indiae, Sinarum Regni plures civitates, Oceanus Pacificus, Mexicus, et Insula Cubae.

(2) Hic Tropicus imminet regioni Hottentotae in Africa, Oceano Indico, Oceano Pacifico, Regno Peruviano, Reipublicae Paraguay, et Imperio Brasiliano in America meridionali.

(3) Solvitur hinc paradoxum, quod sociorum Ferdinandi Magellani post absolutam primam circum Tellurem navigationem torsit ingenia. Hi enim Sibiliam redierunt die sexta Septembris anno 1522, qua die ex Kalendarii, quod secum in navi deferebant, indigitatione, ipsi numerabant sabbati diem, dum interea in Hispania diei Dominici festum agebatur, quod eo anno in diem septimam Septembris incidit. Hoc factum summam in omnibus admirationem excitavit, omnesque putaverunt se turpiter errasse in temporis supputatione. At in omnibus sequentibus circumnavigationibus circa Tellurem absolutis constanter compertum est, omnes qui terram circumnavigant occidentem versus instituto itinere, integrum diem deperdere ubi in suam

Primus meridianus est ille, a quo reliqui meridiani ab occasu versus ortum numerari incipiunt; quumque Terra sit rotunda (1035), nullus reipsa est primus meridianus; veteribus autem Geographis, et maxime Ptolomaeo, placuit assumere pro primo meridiano illum, qui per *Ferri* insulam transit, quae est *Canariarum* ultima, quia ultra eam nihil terrarum in plaga occidentali cognitum erat illis temporibus. Jussu Ludovici XIII Galliarum Regis eodem primo meridiano Galli Geographi usi sunt; at variae Europae Nationes eo uti noluerunt; ita ut hodie communiter quaelibet Natio pro primo meridiano utatur eo, qui per ejusdem Nationis Metropolim pertransit; Angli, ex.gr., utuntur meridiano Londini (Greenwik), Galli meridiano Parisiorum, Neapolitani meridiano Neapolis, etc.

1050. *Aequator* et *meridianus terrestris*, nec non *circuli paralleli* inserviunt ad praecise designandam locorum terrestrium positionem, et eorumdem inter se distantiam; ob Telluris namque rotunditatem necesse fuit, ut diversa loca terrestria ad circulos in ea descriptos referrentur, ubi eorum veram positionem cognoscere cuperemus. Inter hos circulos praecipuus est *aequator*. Intervallum, quo distat a polo, est integrum quadrans, et in 90 gradus dividitur, qui gradus totidem *circulis parallelis*, seu *circulis latitudinis* indigitari solent, qui eo minores fiunt, quo ad polos accedimus. Horum parallelorum distantia subdividitur in minuta prima et secunda; inde fit, ut strictim indigitari possit distantia cujusque loci ab aequatore tam in hemisphaerio boreali, quam in australi; id quod vocatur ejusdem loci *latitudo*. Latitudo igitur est *distantia dati loci terrestris ab aequatore*, seu est arcus meridiani inter aequatorem et datum locum intercepti; estque *borealis* vel *australis*, prout datus locus in hemisphaerio boreali vel australi situs est. Latitudo *maxima* est sub polis; in aequatore *nulla* est latitudo. Latitudo alicujus loci semper poli altitudini est aequalis; tantundem enim polus attolli videtur super horizontem, quantum ab aequatore recedimus. Quum enim loco dato E (Fig. 4) in coelo respondeat zenith, si Z fuerit zenith, et HH′ horizon, erit $EH'=90^{\circ}$. Quod si P fuerit polus, AA′ aequator, erit etiam $AP=90^{\circ}$, adeoque $EH'=AP$. Quare si utrimque auferatur EP, erit $PH=AE$. Hinc *latitudo alicujus loci statim innotescet, si observetur altitudo poli ejusdem loci.*

remeant regionem; contra vero si orientem versus iter instituant, diem lucrari, ubi ad sui domicilii locum regrediuntur. Sane, qui orientem versus progrediuntur, postquam gradus 15 aequatoris confecerint, meridiem integra hora praeveniunt, ut idcirco reliquas omnes praeveniant horas, quin tamen praevenisse advertant: peragratis itaque gradibus 360 horas 24 integras, seu integrum diem acquirunt. Contraria omnia evenient iis, qui occidentem versus proficiscuntur.

1051. Quum autem latitudinis ope denotari tantum possit in quo circulo parallelo datus locus existat; circuli vero paralleli peripheria quum globi terrestris superficiem ambiat, fieri nequiret ut certo cognosceremus in quo strictim puncto ejusdem circuli paralleli datus locus existeret, nisi aliud aliquod punctum fixum extaret, ex quo gradus ejusdem circuli paralleli numerari commode incipiant. Ad id optime inservit *primus Meridianus* (1049). Quumque meridianus sit circulus maximus; Terram in duo hemisphaeria, *orientale* unum, *occidentale* alterum, secat; horum utrumque 180 gradus complectens dividitur in 180 meridianos praecipuos, quorum intervallum uni gradui aequale subdividitur in minuta prima et secunda. Hinc indigitare possumus quot gradibus vel partibus graduum locus aliquis sit primo meridiano orientalior vel occidentalior; id fit ope *longitudinis* (1), quae relate ad primum meridianum esse potest *orientalis* vel *occidentalis*. *Longitudo* itaque est *distantia alicujus loci terrestris a primo meridiano*; longitudo *maxima* est graduum 180; in primo meridiano *nulla* est. Longitudo autem simul cum latitudine veram rationem suppeditat inveniendi situm cujuslibet loci in superficie terrestri; nam ex una parte *latitudinis* ope cognoscimus sub quo circulo parallelo datus locus existat, ex altera vero ope *longitudinis* scimus quae sit ejusdem loci distantia a primo meridiano, nempe in quo strictim puncto ejusdem circuli paralleli datus locus existat: punctum, in quo circulus parallelus et meridianus se invicem secant, est *locus quaesitus*. Sicut itaque *latitudo* numerari incipit ab aequatore, et numeratur per gradus arcus meridiani ex dato loco transeuntis; ita pariter *longitudo* numerari incipit a primo meridiano, et numeratur per gradus arcus aequatoris, vel circuli paralleli inter primum meridianum et datum locum intercepti.

1052. Cognita autem latitudine et longitudine alicujus loci, vel duorum locorum aliquo intervallo inter se distantium, facile erit in italicis milliaribus prioris distantiam tum ab aequatore, tum a primo meridiano, et duorum locorum distantiam inter se definire. Ut id fieri possit, ad haec sequentia attendi debet. Etsi quilibet tum meridiani, tum aequatoris terrestris gradus milliaria italica sexaginta complectatur, quum tamen meridiani omnes, seu circuli longitudinis, utpote circuli maximi, sint omnes inter se aequales; id quod non contingit in circulis aequatori parallelis, qui eo mino-

(1) Quum in omni superficie plana majorem dimensionem *longitudinis* nomine, minorem autem *latitudinis* voce indigitare soliti sumus; hinc factum est, ut veteres Geographi, quibus cognita erat major Telluris extensio ab occasu ad ortum, quam a septentrione ad austrum, vocaverint *longitudinem* priorem illam extensionem, alteram vero *latitudinem*. Hodie tamen voces illae servantur quidem, at primaevam suam significationem amiserunt.

res evadunt, quo ad polos accedunt (1050); sequitur omnes quidem diversorum meridianorum gradus esse inter se aequales; sed circulorum parallelorum gradus eo minores fieri, quo magis hi circuli ad polos accedunt. Quumque *latitudinis* gradus super meridianorum arcubus numerentur, *longitudinis* autem gradus numerentur super arcubus circulorum parallelorum; sequitur, *gradus latitudinis esse omnes fere aequales; gradus autem longitudinis esse inaequales, et minores fieri quo magis dati loci latitudo augetur*; ita ut si datus locus sub polo existat, ejus latitudo sit milliariorum 5400, quae 90 gradibus respondent, longitudo autem =0. In nostris regionibus, quae inter gradus 36 et 45 latitudinis existunt, singuli gradus circuli paralleli milliaria fere 45 complectuntur.

1053. Hic porro inquirendum venit qua ratione tum latitudinem, tum longitudinem dati alicujus loci explorare possimus. Et latitudo quidem dati loci facile cognosci potest ex principio superius statuto (1043), latitudinem nempe *alicujus loci esse aequalem elevationi poli ejusdem loci*. Altitudo autem poli facile dignoscitur ope *quadrantis* ABC (Fig. 5) in 90 gradus divisi, quorum unusquisque in minuta subdividitur. Ubi elevationem poli dati alicujus loci invenire cupias, illum ita dispone, ut ejus latus AB sit horizonti AH parallelum, et alterum latus AC eidem verticaliter insistat, ac coelesti zenith directe subjiciatur: evidens est hunc quadrantem coelesti quadranti perfecte respondere, ejusque gradus esse gradibus coelestis quadrantis exacte proportionales. His ita constitutis, oculum appone in A, et regulam AD (quae *alidada* vocatur) dirige versus Stellam polarem *e* in ejus *maxima depressione*; deinde eamdem observationem repete post horas duodecim, nempe quum est in *e'*, seu in sua *maxima elevatione;* terminus medius graduum, quos hi duo arcus complectuntur, erit altitudo poli quaesita, seu *dati loci latitudo*. Sic inventum est, ex. gr., Neapolis latitudinem, seu elevationem poli esse=40°, 51′, 47″. Commodius autem pro eruenda elevatione poli, quin assumatur arcus inter Stellam polarem et horizontem interpositus, assumitur arcus inter zenith et Stellam polarem, ejusque gradus a 90° subtracti dant poli altitudinem; ex. gr, si arcus inter zenith et Stellam polarem sit 49°, 48′ 53′, facta subtractione a 90°, altitudo poli erit 40°, 51′ 47″.

1054. Pro invenienda autem dati loci longitudine non una est methodus; inter omnes primum locum obtinent tum *differentia horarum ab aliquo horologio in diversis locis indigitata*, tum *eclipses Lunae vel Satellitum Iovis eodem tempore in diversis locis observatae*. Differentia horarum in diversis locis ita obtinetur. Ponamus, aliquem, postquam sui horologii exactissimi indicem ad horas a meridiano Neapolis indigitatas direxerit, ita ut hora 12ª meridiem strictim indigitet, alibi versus orientem proficisci; evidens est, hunc indicem

ubique terrarum semper hora 12ª meridiem Neapolis indigitare. Si igitur in dato loco, cujus latitudinem invenire voluerit, Sol ad meridianum appellat, antequam index horologii horam 12^m, quae est hora meridiei Neapolis, designet; differentia horarum ab horologio indigitata meridianorum differentiam dabit (1049). Si, ex gr., Constantinopoli horologii index, quando Sol est in meridiano, non horas 12, ut Neapoli, sed horas 11 designet, certum erit, Constantinopolim esse Neapoli orientaliorem gradibus 15. At quum horologia, quantumvis perfecta, ex actione caloris vel frigoris immutationi obnoxia esse possint; hinc factum est, ut pro eruenda locorum longitudine recurratur ad observationes eclipsium Lunae vel Satellitum Iovis. Quum enim in singulis observationum locis horae, earumque minuta numerentur ab appulsu Solis ad meridianum; Sol vero ad meridianum orientaliorem citius appellat; praetereaque eaedem phases eclipsium lunarium, ut infra videbimus, eodem temporis momento ubique terrarum contingant; non alia re opus est, quam ut tempora, quibus eaedem ejusdem eclipsis phases diversis in locis observatae a se invicem subtrahantur; residuum enim erit differentia longitudinis inter duo loca data, et major horarum numerus indicabit locum orientaliorem, si horae in gradus convertantur. Si, ex. gr., aliquis Astronomus Parisiis observavit initium eclipseos lunaris hora 7, 35′, 43″ pomerid.: alius autem Constantinopoli idem initium observavit hora 5,43′,47″; differentia horarum inter has duas observationes est 1^h, 51′, 56″, quae in gradus conversa dat 27°, 59′. Constantinopolis igitur erit orientalior Parisiis gradibus 27°, 59′. Quumque longitudo Neapolis a meridiano Parisiorum sit 11°, 51′, 30″ si hanc a 27°, 59′ demas, differentia 15°, 7′, 30″ longitudinem Constantinopolis relate ad longitudinem Neapolis dabit. Hinc patet artificium, quo Tabulas longitudinum et latitudinum locorum Geographi construxerunt. Harum specimen habebis in Tabula sequenti.

SPECIMEN TABULAE LONGITUDINUM ET LATITUDINUM PRAECIPUARUM CIVITATUM ORBIS TERRAE.

CIVITATUM NOMINA	REGIONUM NOMINA	LONGITUDO A MERIDIANO PARISIEN.	LATITUDO	
Alexandria	Aegyptus	27°,35',30"E	13°,13',05 N	Litterae E et O exprimunt *longitudines Est* et *Ovvest;* litterae autem N et S *latitudines Nord* et *Sud* designant.
Amstelodamum	Hollandia	2 ,33 , 0 E	52 ,22 ,17 N	
Athenae	Graecia	21 ,25 ,59 E	37 ,58 ,01 N	
Barcinona	Hispania	0 ,10 ,18 O	41 ,21 ,44 N	
Berlinum	Borussia	11 ,02 ,00 E	52 ,31 ,45 N	
Bruxelles	Belgium	2 ,02 ,00 E	50 ,50 ,59 N	
BonaeSpeiCaput	Africa	16 ,02 ,45 E	33 ,55 ,42 S	
Cayenna	America	54 ,35 ,00 O	4 ,56 ,15 N	
Constantinopolis	Turcarum imp.	26 ,35 ,00 E	41 ,01 ,27 N	
Dublinum	Hibernia	8 ,40 ,45 O	53 ,23 ,13 N	
Edimburgum	Scotia	5 ,32 ,30 O	55 ,56 ,42 N	
Florentia	Italia	8 ,45 ,30 E	43 ,46 ,41 N	
Hierusalem	Turcarum imp.	33 ,00 ,00 E	31 ,47 ,47 N	
Lima	Peruvia	79 ,27 ,45 O	12 ,02 ,34 S	
Londinum	Anglia	2 ,26 ,00 O	51 ,30 ,49 N	
Lugdunum	Gallia	2 ,29 ,09 E	45 ,45 ,58 N	
Matritum	Hispania	6 ,02 ,00 O	40 ,27 ,57 N	
Milanum	Italia	6 ,51 ,16 E	45 ,28 ,02 N	
Neapolis	Italia	11 ,51 ,30 E	40 ,51 ,47 N	
Panormum	Siciliae	11 ,01 ,45 E	38 ,06 ,44 N	
Parisii	Gallia	00 ,00 ,00 *	48 ,50 ,14 N	
Pekinum	Sinae	114 ,07 ,30 E	39 ,54 ,13 N	
Petropolis	Russia	27 ,58 ,30 E	59 ,56 ,23 N	
Philadelphia	America	77 ,51 ,30 O	11 ,55 ,41 N	
Quito	Peruvia	81 ,05 ,30 O	00 ,13 ,17 S	
Roma	Italia	10 ,09 ,32 E	41 ,53 ,54 N	
Smyrnae	Asia	24 ,46 ,33 E	38 ,23 ,07 N	
Syene	Aegyptus	30 ,34 ,19 E	24 ,05 ,23 N	
Tubolsk	Siberia	65 ,46 ,00 E	58 ,11 ,42 N	
Tripolis	Africa	13 ,31 ,13 E	34 ,26 ,25 N	
Tunetum	Africa	17 ,51 ,00 E	36 ,47 ,59 N	
Taurinum	Italia	5 ,20 ,00 E	45 ,04 ,00 N	
Ulyssipo	Portugallia	11 ,28 ,45 O	38 ,42 ,24 N	
Varsavia	Polonia	18 ,42 ,30 E	52 ,14 ,28 N	
Venetiae	Italia	10 ,00 ,44 E	45 ,25 ,53 N	
Vienna	Austria	14 ,02 ,30 E	48 ,12 ,40 N	
Washington.	America	79 ,19 ,00 O	38 ,55 ,00 N	

1055. Quum ex vario locorum terrestrium situ varia pendeat poli altitudo, ita ut haec sub ipsis polis sit graduum 90, in locis intermediis decrescat prout ad aequatorem accedimus, et ad ipsum aequatorem sit $= 0$ (1050); veteres Geographi triplicem distinxerunt sphaerae positionem pro diversis locis, in quibus terricolae degunt, *parallelam* nempe, *rectam*, et *obliquam*. *Sphaeram parallelam* incolere dicti fuerunt *habitatores regionum circumpolarium*, quibus pro *zenith* et *nadir sunt ipsi poli*, adeoque hi suum *horizontem sensibilem habent aequatori parallelum*, et *horizontem rationalem* in ipso plano aequatoris. Hujusmodi habitatores, si qui sunt, sidera omnia in hemisphaerio sibi respondenti posita, adeoque supra suum horizontem existentia, numquam occidere vident, sed per circulos horizonti parallelos converti; sidera vero in opposito hemisphaerio posita, adeoque sub horizonte constituta, numquam oriri cernunt; quumque Sol per sex menses in alterutro hemisphaerio versetur, unico semestri die, et unica semestri nocte gaudent (1). *Sphaera recta* dicitur inibi, ubi *aequator horizontem ad angulos rectos secat*; hinc eam incolere dicuntur omnes aequatoris habitatores. Hi suum zenith habent sub aequatore coelesti; adeoque duos mundi polos cum horizontis plano cohaerere vident (1048). Quumque in hac sphaerae positione omnes *circuli* ad aequatorem *paralleli* pariter ad angulos rectos ab horizonte bisecentur, hinc haec sequuntur: 1°. in sphaera recta terricolae omnia sidera, quae in sphaera mundana existunt, oriri vident et occidere; 2.° noctes, atque dies perpetuo 12 horarum iidem habent, adeoque jugi gaudent aequinoctio; 3.° sidera omnia et Sol recta super horizontem ascendere videntur; sidera etiam, quae simul oriuntur, simul quoque ad meridianum perveniunt, simulque occidunt. *Sphaera obliqua* vocatur *ibi locorum*, *ubi aequator horizontem oblique secat*. Terricolae, quibus obliqua est sphaera, 1.° polorum alterum elevatum, alterum depressum et inconspicuum habent; ut evenit nobis in Europa degentibus, quibus polus tantum borealis est visibilis (2); 2.° sidera quaedam perpetuo supra horizontem vident, quaedam oriri et occidere conspiciunt, quaedam alia numquam intuentur; 3.° duobus anni tem-

(1) In sphaera parallela dies semestri spatio longior, nox vero eodem brevior evadit (ut videbimus infra) ob radiorum solarium refractionem, qua fit ut in atmosphaera densissima sphaerae parallelae Sol super horizonte elevatus cernatur, antequam in aequatorem ingrediatur, nec minus super eodem appareat quando jam infra aequatorem descendit; id quod efficit, ut caligo nocturna vix per duos menses inibi duret; deinde istorum duorum mensium spatio plusquam dimidio Lunae splendor caliginem temperat; adeo ut tenebrae sub polis sint rariores quam in reliquis Terrae locis. His accedunt aurorae boreales frequentissimae, quae maximam noctis partem illuminant.

(2) Hinc eleganter Virgilius Georg. I. v. 245 cecinit;

Hic vertex nobis semper sublimis, at illum
Sub pedibus Styx atra videt, manesque profundi.

poribus, quibus Sol per aequatorem incedere videtur, noctes diebus aequales experiuntur; reliquis vero anni temporibus inaequales dies et noctes habent; 4.° sidera omnia oblique ascendere ac descendere vident.

1056. Veteres Geographi terricolas omnes, ratione situs quem in terrestri superficie occupant, in *antoecos*, *perioecos* et *antipodes* distinxerunt. *Antoeci* (1) sunt incolae, qui eamdem habentes longitudinem, eamdem etiam habent, sed diversi nominis, latitudinem: hinc sunt sub eodem meridiani semicirculo, sed in diversis hinc inde ab aequatore aequedistantibus parallelis, et hinc simul meridiem habent, horasque diei reliquas easdem; tempestates autem anni oppositas, adeo ut quando nobis est aestas, ipsis sit hiems; quum nobis est ver, ipsis sit autumnus, et vicissim. Ita evenit in regionibus prope Caput bonae Spei, in quibus degunt nostri antoeci. *Perioeci* (2) sunt ii, qui eamdem et ejusdem nominis latitudinem habent, sed oppositas longitudines: hinc in eodem circulo parallelo sunt, sed per 180 longitudinis gradus inter se distant: adeoque easdem habent anni tempestates, sed uno in loco media nox est, dum in alio meridies existit. Nostri perioeci sunt habitatores, si qui sunt, insularum magni Oceani borealis. *Antipodes* (3) denique sunt ii, qui opposita per Terrae diametrum loca incolunt: habent nempe eamdem, sed diversi nominis, latitudinem; et per 180 longitudinis gradus inter se distant, seu habent longitudines oppositas: hinc aversis pedibus incedunt, anni tempestates oppositas habent; uno in loco meridies est, dum in altero media existit nox; dum uni Sol oritur, alteri occidit; unius dies alterius est nox. Nostri antipodes existunt in Oceano australi prope Novam Zelandiam; incolae Regni Peruani sunt antipodes Regni Siamensis, etc. (4).

1057. Terrae globus dividitur etiam in quinque *zonas*, seu fascias, quarum una dicitur *torrida*, quae est fascia globum ambiens, duobus tropicis terminata; duae dicuntur *temperatae*, una *temperata borealis* inter tropicum Cancri et circulum polarem arcticum comprehensa, altera *temperata australis* tropico Capricorni et circulo

(1) Ab αντι, contra, et οἶκος, domus.

(2) A περὶ, circum, et οἶκος. domus.

(3) Ab αντι, contra, et πους, οδος, pes.

(4) Quomodo autem fieri potest ut nostri antipodes aversis pedibus incedant? Fatua nae, et puerilis interrogatio! Quum enim antipodum lineae verticales productae per Telluris centrum pertranseant, etsi relate ad nos videantur habere pedes aversos, omnes tamen gravitate sua versus Telluris centrum, sicut et reliqua terrestria corpora, tendunt (59); hinc iidem immobiles, sicut et nos, super terram consistunt, quamvis nostrum caput hemisphaerium superius et caput eorum hemisphaerium inferius respicere videatur: alioquin evenire deberet ut antipodes a Telluris superficie recederent, et versus coelum elevarentur; id quod gravitatis legibus est omnino contrarium.

polari antarctico terminata; duae demum dicuntur *frigidae*, *australis* et *borealis*, et sunt duo terrestris superficiei segmenta circulo polari australi, et circulo polari arctico terminata. Prior est lata gradibus 47, et ab aequatore in duas partes aequales dividitur latitudinis 23°, 30′. Dicta fuit *torrida* quia veteres, quibus incognita erat, eam putabant *aestu inhabitabilem*, ut scite ait Ovidius. Latitudo *zonae temperatae* tum borealis, tum australis est graduum 43; nam quum distantia poli ab aequatore sit = 90°; distantia Tropici ab eodem 23°, 30′, et distantia circuli polaris a polo etiam = 23°, 30′; si a 90 gradibus auferas 23°, 30′ + 23° 30′, obtinebis 43°. Hinc patet, in zona temperata sita esse omnia loca, quorum latitudo inter gradus 23, 30′ et 67 continetur, uti sunt maxima Europae pars, et orae septentrionales Africae. Latitudo zonae frigidae tum borealis, tum australis est graduum 47; si enim distantia circuli polaris a polo est 23° 30′, duplex radius, nempe diameter ejusdem zonae erit 47°. Hinc loca, quorum latitudo major est 67°, in zona frigida sita sunt, uti sunt Laponia, et reliqua pars septentrionalis Russiae tum Europaeae, tum Asiaticae (1). Singulae hae zonae quasdam habent sibi peculiares proprietates. Incolis zonae torridae Sol bis in anno fit verticalis, nempe quum ad tropicum accedit, et quum versus aequatorem revertitur; reliquo vero tempore a vertice distat vel versus austrum, vel versus boream: hinc zonae torridae incolae his duobus diebus, quibus umbra meridiana nulla est, vocati sunt *Ascii* (2), hoc est *absque umbra*; reliquis vero diebus sunt *Amphiscii* (3), *umbram* scilicet *utrimque projicientes*; quia reipsa umbram projicientes in plagam poli oppositam, haec dirigitur vel versus austrum vel versus boream, prout Sol ad boream vel ad austrum declinare videtur. Hujusmodi sunt habitatores insulae S. Thomae in Sinu Guineae, civitatis Quito in Aequatoris Republica,

(1) Eleganter has zonas descripsit Virgilius Georg. L. I. v. 233.

Quinque tenent coelum zonae, quarum una corusco
Semper sole rubens et torrida semper ab igni;
Quam circum extremae dextra, laevaque trahuntur
Caerulea glacie concretae, atque imbribus atris.
Has inter mediamque duae mortalibus aegris
Munere concessae divum: via secta per ambas,
Obliquus qua se signorum verteret ordo......

et Ovidius Metamorph. L. I, v. 41.

Utque duae dextra coelum, totidemque sinistra
Parte secant zonae, quinta est ardentior illis;
Sic onus inclusum numero distinxit eodem
Cura Dei; totidemque plagae tellure premuntur:
Quarum quae media est, non est habitabilis aestu:
Nix tegit alta duas: totidem inter utramque locavit;
Temperiemque dedit mixta cum frigore flamma.

(2) Ab α, *sine*, et σκιά, *umbra*.

(3) Ab ἀμφίς, *utrinque*, et σκιά.

etc. Quum Sol limites utriusque tropici non praetergrediatur in suo motu diurno (apparenti), evidens est, incolas utriusque zonae temperatae semper oblique ejus radios excipere; hinc, quum umbram meridianam versus eamdem mundi plagam quovis anni tempore projiciant, versus austrum quidem qui zonam temperatam borealem incolunt, versus boream qui incolunt zonam temperatam australem, ut nobis contingit, merito dicti fuerunt *Heteroscii* (1), seu *umbram in diversa projicientes*. Denique quum in zonis frigidis Sol integris diebus non occidat, adeoque successive in omnibus plagis per diem conspiciatur, incolae illorum locorum umbram in orbem successive in omnes plagas projiciunt: hinc nuncupati fuere *Periscii* (2), seu *umbram circum seipsos projicientes*.

1058. Denique terrestrem globum in *climata* etiam Geographi dividunt. *Climatis* (3) nomine intelligunt zonam superficiei terrestris duobus *circulis aequatori parallelis* terminatam, cujus tanta est latitudo, ut dies longior in parallelo, qui polo est vicinior, excedat diem longiorem in parallelo aequatori propriore per definitam quamdam temporis partem, nempe per horam dimidiam quando tardius crescit; per horam integram, imo per integros dies, quando crescit celerius. Hinc quia dies eo longiores fiunt, quo ab aequatore ad polos procedimus, Geographi totum hemisphaerium tum boreale, tum australe in 30 zonas ea lege divisum concipiunt, ut primum clima contineatur inter aequatorem et circulum parallelum, in quo dies longissimus est horarum $12\frac{1}{2}$; secundum inter hunc et parallelum, in quo dies longissimus est horarum 13; et ita semper procedendo a dimidia hora in dimidiam. Quumque ad 24.m clima, nempe in circulis polaribus dies longissimus sit 24. horarum; hinc climata ab aequatore ad circulos polares, quae semihorae intervallo definiuntur, sunt 24; reliqua vero, quae a circulis polaribus ad polos locum habent, sunt sex, et definiuntur a circulis parallelis, in quibus longissimus dies unius mensis intervallo differt a die longissimo paralleli, qui illum praecedit. Hinc quia Neapoli, ex. gr., longissimus dies in solstitio aestivo, et longissima nox in brumali solstitio sunt horarum fere 15, adeoque dies et noctes aequatoriales tribus horis excedunt; idcirco inter sextum clima, cujus latitudo est graduum 4,07′, Neapolis posita est. Tabulam climatum hic descriptam reperies.

(1) Ab ἕτερος, *diversus*, et σκιά.
(2) A περί, *circum*, et σκιά,
(3) A κλίνω, *inclino*.

TABULA CLIMATUM.

CLIM. MED.	DIES LONGIOR	LATITUDO	LOCA.
I	12h, 30	8°, 25′	Cayenna, Surinam in America, Malaca in Asia, etc.
II	13, 00	16, 25	Abyssinia, Siam, Madras, Pondychery, etc.
III	13, 30	23, 50	Meca in Arabia, Martinica, Guadalupa, etc.
IV	14, 00	30, 23	Aegyptus, Insulae Canariae, Mexici sinus, etc.
V	14, 30	36, 28	Hierusalem, Hispahan, Nankin, California, etc.
VI	15, 00	41, 22	Ulyssipo, Matritum, Sardinia, Ital. merid., Morea, Pekin, Maryland, etc.
VII	15, 30	45, 29	Hispania septentr., Gallia merid., Italia septentr., Constantinopolis, etc.
VIII	16, 00	49, 10	Parisii, Viennae, Terra nova, Canadà, etc.
IX	16, 30	52, 00	Londinum, Flandria, Praga, Cracovia, Russia merid., etc.
X	17, 00	54, 27	Dublinum, Hollandia, Hannover, Varsavia, etc.
XI	17, 30	56, 37	Scotia, Dania, Moscovia, etc.
XII	18, 00	58, 29	Suecia meridionalis, Tobolsk, etc.
XIII	18, 30	59, 58	Insulae Orcades, Stokolm Sueciae metropolis.
XIV	19, 00	61, 18	Bergen in Norvegia, Petropolis in Russia.
XV	19, 30	62, 25	Fretum Hudson in America septentrionali.
XVI	20, 00	63, 22	Siberia, et Groenlandia meridionalis.
XVII	20, 30	64, 50	Drontheim in Norvegia.
XVIII	21, 00	64, 49	Finlandia in Russia.
XIX	21, 30	65, 21	Sinus Archangeli in Russia.
XX	22, 00	65, 47	Insulae Islandicae.
XXI	22, 30	66, 00	Pars septentrionalis Siberiae et Russiae.
XXII	23, 00	66, 20	Nova regio Galles in America septentrionali.
XXIII	23, 30	66, 28	Fretum Davvis.
XXIV	24,, 00	66, 31	Samojedorum regio.

Climata mensium, in quibus per 31 dies continua lux, et per 30 noctes continuae tenebrae in toto anno.

	LUX	NOX		
XXV	31d	27d	67°, 21′	Pars meridionalis Laponiae.
XXVI	62	58	69, 48	Pars occidentalis Groenlandiae.
XXVII	93	87	73, 37	Zembla australis.
XXVIII	124	117	78, 30	Zembla borealis.
XXIX	156	148	84, 06	Spitzberg.
XXX	188	180	90, 00	Polus borealis.

1059. Diximus Terrae nostrae figuram esse fere sphaericam (1036), tempus nunc est, ut ejus veram figuram statuamus. Si Tellus foret perfecte sphaerica, omnes ejus circuli maximi, dum in ejus superficie dimetiuntur, strictim aequales inveniri deberent; nempe aequalem milliariorum vel hexapedarum numerum continere; seu, quod idem est, singuli gradus horum circulorum totidem milliaria vel hexapedas capere deberent: quemadmodum, e contrario, si gradus terrestres quocumque modo mensurati inaequales inveniuntur, recte inferre possumus Terram non esse perfecte sphaericam. Hinc Astronomi diversos gradus ejusdem meridiani in diversis regionibus dimetiri aggressi sunt, sequenti ratione innixi. Quum quilibet circulus in 360 gradus dividatur, et gradus in 60 minuta, etc; quumque elevatio vel depressio siderum sit semper fere proportionalis itineri, quo ab austro ad septentrionem, vel viceversa, procedimus (1035); pronum est colligere, circulos sphaerae coelestis, quae cava nobis videtur, aeque ac sphaerae terrestris circulos, in 360 gradus dividi posse; ita ut pro certo statuere possimus, Stellam polarem, quum elevatur vel deprimitur uno gradu, seu parte 360.ª coeli, ideo elevari vel deprimi, quia itinere nostro accessimus vel recessimus a polo terrestri uno gradu, seu una 360ª parte meridiani terrestris. Quare ex una parte, alicujus dati instrumenti ope, dimetiri possumus quantitatem elevationis vel depressionis alicujus Stellae; et ex alia parte in terrestri superficie mensuram suscipere ejus spatii, quod percurrere debuimus, ut Stella hac quantitate suum situm mutaret; inde cognosci poterit magnitudo Telluris; haec enim obtinebitur, ducendo quantitatem spatii ita dimensi in rationem, quam eadem pars dimensa habet ad peripheriam Telluris. Ex. gr., si quis, postquam Neapoli probe cognovit elevationem poli, versus septentrionem procedat, donec polus elatior uno gradu ei appareat, certus esse poterit, in suo itinere peragisse partem 360m Telluris, seu unum gradum superficiei terrestris: deinde ex regulis, quas Trigonometria suppeditat, spatium inter Neapolim et hunc locum metietur; quum illud invenerit esse = 57 012 hexap., inferre poterit terrestris circuli peripheriam esse = 360 × 57 012 hexap., nempe milliaribus 21 600. Id ita reipsa effectum est: nam in Gallia elapso saeculo Astronomi, patientia sane admirabili, dimensi sunt arcum meridiani inter Formenteram, quae est una ex Insulis Balearibus, et Dunquerquiam; qui arcus plusquam 12 gradus complectitur; estque maximus arcus terrestris, cujus mensura usque adhuc suscepta fuerit.

1060. Porro si curvitas Terrae in qualibet ipsius parte foret uniformis, eadem semper itineris quantitate progredi oporteret, ut Stella polaris eadem quantitate suum situm mutaret. E contrario, si quaedam Terrae partes magis vel minus curvae aliis partibus exi-

stant, majorem vel minorem spatii quantitatem peragrari oporteret, ut Stella polaris eadem quantitate elevaretur; elatioris enim Stellae non alia esse potest caussa, nisi Terrae curvitas. Patet namque, majus itineris spatium conficiendum esse, ubi Telluris superficies fuerit depressior, ut haec Stellae elevatio locum habeat; et viceversa, si curvitas Terrae major fuerit. Geometris namque compertum est, in quacumque ellipsi verticales lineas unius gradus intervallo inter se distantes magis inter se esse convergentes prope axem majorem, quam prope axem minorem; hinc arcus unius gradus inter priores illas verticales comprehensus necessario brevior esse debet arcu inter has alteras verticales comprehenso (utpote qui ad circulum, cujus radius est brevior, pertinet); adeoque si gradus aequatoris breviores gradibus prope polos inveniantur, indicium erit certissimum, Tellurem esse prope polos depressiorem. Jam vero ex accuratis observationibus et mensuris constat, gradus terrestres majores fieri prout ad polos accedimus, seu majus spatium conficiendum esse, ut Stella polaris uno gradu elevari videatur: luce meridiana clarius itaque infertur, *Tellurem esse sphaeroidem prope polos depressiorem, elatiorem vero prope aequatorem.* Reipsa D[nus] Bouguer, de la Condamine, Goudin, Ivan et Ulloa in Regnum Peruanum missi ab Academia Parisiensi anno 1736 inveneruut mensuram unius gradus sub aequatore esse 56 753 hexap; dum D. Maupertuisius eodem anno in Laponiam missus cum D[nis] Clairaut, Camus, Le Monnier, Celsius etc. reperit unum gradum in ea regione esse =57 422 hexap.; differentia igitur inter eos gradus est hexapedarum 669. Insuper in Gallia, nempe ad latitudinem circiter 45°, gradum invenerunt esse=57 042 hexap. Hinc has diversas mensuras, aliasque in diversis Terrae locis captas inter se conferentes intulerunt, Telluris gradum in media latitudine, seu ad 45°, statui posse = 57 040 $\frac{1}{2}$ hexap. Ducendo igitur hunc numerum per 360°, eruitur, peripheriam terrestris meridiani esse =20 534 580 hexap. Quumque in Italia Geographi statuant quemlibet gradum terrestris meridiani esse 60 milliaribus aequalem, patet totam meridiani peripheriam ex milliaribus 21600 constare. Atqui gradus in media latitudine, ut nuper diximus, est = 57 040 $\frac{1}{2}$ hexap., quodlibet igitur milliare italicum ex 930 $\frac{2}{3}$ hexap, seu ex pedibus parisiensibus 5704 constat. Geometria nos docet quemadmodum, cognita ellipseos peripheria, axium longitudo erui possit. Initis supputationibus, axis major invenitur longitudinis milliariorum 6887, axis minor milliariorum 6864: hinc

	milliar.	hexap.
Radius Telluris prope aequatorem est...	$3443 \frac{1}{2}$ ...	3271864
ad polos	3432 ...	3261265
ad latitud. gr. 45........	$3437 \frac{4}{5}$ ...	3266811

Patet igitur, differentiam inter radium aequatorialem et radium polarem esse $11 \frac{1}{2}$ milliar., vel 10599 hexap.; nam $3443 \frac{1}{2} = 3432$ mill. $= 11 \frac{1}{2}$; et 3271864 hexap. — 3261265 hexap. $=$ 10599 hexap.

1061. Telluris figuram sphaeroideam eadem certitudine etiam Astronomi jam memorati intulerunt ex pendulorum diversa oscillatione in diversis Terrae partibus, ut n. 237 dictum fuit: unde nulli dubium est, quin Telluris *figura sit sphaeroidea, sub polis depressior, elatior sub aequatore*. Hic autem notatu dignum est, hanc depressionis terrestris quantitatem in regionibus polaribus nihil obstare, quin in calculis conficiendis Astronomi ponant Tellurem ut perfecte sphaericam; compertum namque est, milliaria $11 \frac{1}{2}$ esse ad radium polarem fere ut 1: 298, nempe fere ut $\frac{1}{2}$ linea ad palmum neapolitanum; adeoque si habeatur globus artificialis, cujus radius duos palmos aequaret, radius polaris unica tantum linea minor radio aequatoriali esse deberet: differentia sane exigua! Hinc etiam patet, montes altissimos (ut Davalaghiri in Asia, qui extollitur 4000 hexap. supra maris libellam), relate ad radium terrestrem esse minus sensibiles, quam parva sabuli grana huc illuc dispersa super globo artificiali, cujus radius duos palmos non excederet; et a pari, maximas maris profunditates iisdem prominentiis respondere.

1062. Cognito autem Telluris radio, ex Geometriae principiis Terrae superficiem et volumen nullo negotio eruere possumus. Rationibus subductis, invenio, *Telluris superficiem* comprehendere circiter 148 500 000 milliaria quadrata; ejus autem volumen esse 170 132 500 000 milliaribus cubicis. Imaginatio certe obstupescit in hac Telluris nostrae magnitudine consideranda: at magis magisque in admirationem rapiemur, quum ex dicendis compertum erit, nostram Tellurem relate ad alia sidera esse prorsus ut sabuli granum ad ipsam Tellurem! Quid totius universi magnitudo? Nonne eo ipso excitamur ad venerandam infinitam Creatoris potentiam, qui ludens orbem terrae, coelosque verbo suo firmavit?

CAPUT TERTIUM

DE SIDERUM A TELLURE DISTANTIA, ET DE PARALLAXI

1063. Antequam mundi systema exponamus, aequum est, ut pauca dicamus de methodo, qua Astronomi ad statuendas Solis, Lunae, Planetarumque a nostra Tellure distantias certitudine prorsus mathematica pervenerunt. Hac enim probe constabilita, facillime intelligentur tum quae de singulorum horum corporum coelestium proprietatibus et affectionibus dicturi sumus, tum Leges mirabiles, quibus in suis motibus subjacent.

1064. Si sensibus fidem praebere oporteret, omnia sidera, prout firmamento veluti coruscantes gemmae apparent infixa, aequaliter a Tellure distare credendum esset. At statim ab antiquis temporibus coelestium rerum cultores quum observassent, quaedam sidera, quae aliis majora videntur, minora sidera aliquando post se occultare, jure merito intulerunt non ex alia caussa id evenire posse, nisi ex eo quod illa priora minus a nobis sint dissita, quam haec posteriora: hinc statim etiam methodum excogitarunt, qua eorumdem siderum distantias, si fieri posset, accurate perciperent, et exacte mensurarent. Haec methodus in *parallaxeos* usu posita est, quae, ut scite ait Cagnoli, est clavis illa mirabilis, et hominum vulgo impervia, quae nobis ad astrorum domicilia ingressum aperit. De hac itaque nunc dicendum.

1065. *Parallaxis*, seu *commutatio*(1), vocatur differentia inter locum sideris ex Telluris superficie visi, et locum, ubi illud nobis reipsa appareret, si in Telluris centro essemus constituti. Ut hujus accuratam ideam animo concipiamus, liceat hic exscribere verba, quibus utitur D. Cagnoli, cap. 8, n°. 201. « Una lampada, « ait », appesa davanti « all'altare principale, pare a sinistra a chi sta nella nave destra della Chiesa, e pare a destra agli astanti dal manco lato. Cotesta disparità di giudizio tanto è maggiore, quanto più i riguardanti sono prossimi al lume e disgiunti un dall'altro; tanto minore, quanto più stan discosto dal lume ed accosto tra loro. Non altramente « succede a chi mira il Cielo : un astro apparisce in luogo diverso, « a guardarlo da siti diversi del nostro globo ». Astronomi igitur, qui in diversis Terrae regionibus sidera observant, numquam inter se concordes esse possunt, numquam motuum coelestium leges detegere valent, nisi suas observationes ita instituant, ac si in uno loco easdem confecissent; ex illo nempe loco, circa quem omnes siderum motus, tamquam circa proprium centrum, confici videntur.

(1) A παραλλάσσω, transmuto.

Quumque omnia sidera circa Telluris centrum suos motus conficere videantur; hinc imaginati sunt, quo veram eorumdem motuum notionem acquirere possent, a Telluris centro illa esse observanda. Et revera, sit AM Tellus (Fig. 6), ejusque centrum sit C; CZ sit linea verticalis, quae per Terrae centrum C pertranseat et per zenith observatoris existentis in puncto A superficiei terrestris. Concipe sidus aliquod in puncto D lineae horizontalis AD verticali CZ normaliter insistentis; evidens est, illud ex loco A spectatum videri in directione rectae AD; spectatum vero ex Telluris centro C videri in directione rectae CD; quae lineae se invicem in puncto D intersecantes, et usque ad coelum stelliferum *dd'eo* productae, efficiunt, ut observator in Telluris centro existens sidus D ad punctum *d'* referat, idem autem in A situs illud referat ad punctum *d*. Arcus *dd'*, quem intercipiunt duae directiones AD et CD productae, est hujus sideris *parallaxis*.

1066. Evidens autem est, quod si punctum D cum linea verticali CZ conferatur, distantia sideris a zenith Z, seu a linea verticali CZ, designabitur angulo ZAD, ubi spectetur ab observatore in puncto A, seu in Telluris superficie existenti; designabitur angulo ZCD ubi observator a centro Terrae illud spectare posset. Prior distantia dicitur *apparens*; posterior dicitur *vera*. Porro cuique manifestum est, *distantiam apparentem*, quippe cujus mensura est angulus ZAD, *majorem esse vera distantia*, cujus mensura est angulus ZCD; in triangulo enim rectilineo ACD, cujus latus CA producitur versus Z, quum sit angulus ZAD=ang. ACD + ang. ADC, distantia apparens veram distantiam superat quantitate anguli ADC, seu *dDd'* huic ad verticem oppositi. Haec duarum distantiarum differentia vocatur *parallaxis horizontalis*, ubi linea AD horizontalis fuerit; vocatur *parallaxis altitudinis*, ubi linea AD fuerit horizonti obliqua, ut AE: angulus vero ADC in primo casu, et angulus AEC in casu posteriori vocatur *angulus parallacticus*, seu absolute *parallaxis*. Unde liquet, parallaxim alicujus sideris nihil aliud esse, nisi *differentiam inter veram ejusdem sideris a vertice distantiam ex Telluris centro visam, et eam quae ex ejusdem superficie conspicitur*, seu melius, *parallaxis alicujus sideris est angulus* CDA, *sub quo observator in centro* D *ejusdem sideris existens videat radium* CA *Telluris, qui puncto* A *superficiei terrestris respondet*; qui angulus aequalis est angulo *dDd'* ad verticem opposito, inter cujus crura D*d*, D*d'* intercipitur arcus *dd'*, quem paullo ante etiam *parallaxim* vocavimus. Idem de angulo AEC dicendum.

1067. Porro cuique vel parum attendenti patet, cujuscumque sideris parallaxim eo magis minui, quo altius attollitur sidus supra horizontem, seu quo magis sidus ad zenith accedit. Ex., gr, si parallaxis in D exhibetur angulo *dDd'*, in E exhibetur angulo *eEe'*; angulus autem *dDd'*, utpote aequalis angulo ADC, major est ang.

eEe', qui angulo AEC est aequalis. Ubi denique sidus ascendet praecise ad zenith Z, nullam patietur parallaxim; sive enim ex A, sive ex centro C spectetur, in eodem coeli puncto semper videbitur, quum centrum Telluris, spectator, et sidus in una eademque linea verticali ZAC existant. Ex quo haec tria sequuntur: 1. *parallaxis horizontalis ejusdem astri est omnium maxima*; 2. *parallaxis altitudinis eo minor fit, quo magis sidus supra horizontem attollitur*; 3. *in zenith parallaxis est nulla.*

1068. Ex dictis etiam sequitur, *non alium esse parallaxis effectum quam sidus deprimere in eodem circulo verticali Zed*; sidus enim E, quod a Telluris centro spectatum appareret in *e'*, spectatum a terrestri superficie apparet in *e*. Patet etiam, *parallaxim horizontalem alicujus sideris esse in ratione inversa ejus distantiae a Telluris centro*; quum enim sideris in D positi parallaxis sit ADC, et alterius sideris in *d* positi parallaxis sit A*d*C; sitque externus angulus ADC major interno A*d*C, evidens est, quo magis sidus fuerit a Tellure remotum, minorem esse debere parallaxim; adeo ut si fuerit sidus a Tellure remotissimum, minimam esse oporteat parallaxim, et prorsus indiscernibilem. At qua ratione, data altitudine alicujus sideris a terrestri superficie spectati, determinari potest altitudo, in qua idem a Telluris centro visum fuisset? Id obtinetur addendo parallaxim altitudinis ad altitudinem datam. Parallaxis autem altitudinis invenitur ope sequentis theorematis, quod Trigonometriae principiis nititur, nempe: *sinus parallaxis altitudinis aequalis est sinui parallaxis horizontalis ducto in cosinum altitudinis apparentis.* Totum itaque negotium in eo stat, ut inveniatur parallaxis horizontalis dati sideris; hac enim cognita, parallaxis altitudinis illico eruetur.

1069. Quum autem haec hypothesis, in qua statuitur spectatorem a Telluris centro sidus observare, prorsus imaginaria sit, placet hic excribere ex D[ni] Francoeur Uranographia aliam rationem, qua siderum parallaxis inveniri queat, quin ad observationes centrales, prorsus impossibiles, recurratur. Sit S Sol, Luna, vel alius quivis Planeta (Fig. 7.). Si duo spectatores sub eodem meridiano EOO'K positi in O et O, spectent hoc sidus ubi ad meridiani planum appellit, alter eorum illud in directione OS aspiciet, et veluti situm in puncto I sphaerae coelestis, ubi directio OS producta incurrit; alter vero illud videbit in I' secundum directionem O'S pariter productam. Ita spectatores idem sidus in duabus diversis meridiani coelestis partibus positum judicabunt; et si illius distantias a suis zenith Z et Z' dimetiantur, quantitates angulorum ZOS et Z'O'S cognoscent, adeoque quantitates etiam angulorum SOC, SO'C, qui sunt illorum supplementa. Aliunde spectatores cognoscunt, radios terrestres OC, OC longitudinem habere milliariorum $3437\frac{4}{5}$ (1060). Si E fuerit lo-

cus aequatoris, EO et EO′ latitudines cognitas locorum O et O′ designabunt (1050); differentia igitur harum latitudinum est arcus OO′, qui angulum OCO′ metitur; si aequator inter duas spectatorum positiones sit positus, arcus OO′ erit summa duarum latitudinum, borealis et australis : in utroque casu quantitas arcus OO′ est probe cognita. Hinc in quadrilatero OCO′S cognitis angulis SOC, SO′C, et cognitis insuper lateribus OC, O′C, reliquae partes nullo negotio inveniri poterunt. Et re quidem vera, si super plano fiat angulus aequalis differentiae vel summae duarum latitudinum, seu aequalis angulo C; deinde crura ejusdem anguli fiant aequalia rectis CO, CO′, quae Telluris radium exhibent, et ducantur rectae OS, O′S, quae cum rectis OC, O′C capiant angulos aequales angulis superius assignatis, nempe SOC, SO′C; punctum S, ubi duae rectae OS, O′S se mutuo secant, quadrilaterum SOCO′ perficiet, et sideris locum exhibebit. Reliquae partes hujus figurae igitur facile cognoscentur, nempe :

1.° Distantiae OS, O′S a Sidere ad spectatorum loca ;

2.° Angulus OSO′, sub quo spectator in S constitutus videret horum locorum distantiam OO′, nempe duarum parallaxium summam OSC, O′SC ;

3.° Angulus CSO, sub quo spectator in Sidere S constitutus Telluris radium OC, seu ejus parallaxim respiceret ;

4.° Angulus ZCS, qui exprimit distantiam Sideris S a zenith Z, si ponamus spectatorem O illud a Telluris centro observasse ;

5.° Denique diagonalis SC, quae est distantia Sideris a Telluris centro. Hinc numerabimus quot vicibus OC in SC continetur; haec summa indigitabit numerum radiorum terrestrium, qui in hac distantia continentur; quae summa, si ducatur per milliaria $3437\frac{4}{5}$, dabit numerum milliariorum, quae in eadem distantia continentur.

1070. Hypothesis, qua duae observationes a zenith eodem tempore, et sub eodem terrestri meridiano fieri concipiuntur, nonnisi admodum raro impleri potest; at non est omnino necessaria. Quando itaque haec conditio deest, altitudinis mutatio, cui sidus in intervallo transacto subjacet, accurate notari debet, ut haec reduci possit ad altitudinem illam, in qua spectata ab alterius meridiani altitudine visa foret; haec autem supputatio, quum astrorum ascensiones probe ex experientia cognitae sint, nulli difficultati obnoxia est. Hoc modo D.s Lalande Berolini, et D.s de la Caille in Bonae Spei Promontorio observarunt, et supputarunt Lunae parallaxim tum horizontalem, tum altitudinis; ex lege enim superius enunciata (1068) parallaxis horizontalis, et altitudinis eam inter se conexionem habent, ut facile earum supputatio institui possit.

Hic autem omnes monitos volumus, figuram, cujus ope specimen theoriae parallaxis hic praebuimus, magna admodum imperfectione laborare; quum enim astrorum distantia relate ad Telluris meridianum sit ingens, sequitur, angulos quidem in figura designatos iis respondere, qui in oculis spectatorum a radiis visualibus fiunt; sed angulum parallacticum OSC, quippe qui reipsa est valde exiguus, super charta graphice construi nulla ratione posse. Hac itaque constructione nihil aliud intendimus, nisi ut Juvenes aliquatenus concipiant qua facilitate astrorum distantiae dimetiri possint; Geometris et Astronomis relinquentes ut ipsas exacte et accurate dimetiantur, ac supputentur.

1071. Ponamus itaque, observatorem in Solis centro S positum spectare radium OC disci apparentis nostrae Telluris sub angulo minutorum 8″, 58; haec parallaxis adeo exigua innuit Solis a Tellure distantiam esse valde ingentem. Supputationem instituendo ex Trigonometriae principiis, invenimus reipsa hanc distantiam aequalem esse 24000 radiis terrestribus, seu 24000 × 3437 milliar. = 82 488 000 milliaribus.

Si observator a Lunae centro Tellurem spectaret, illam videret sub angulo minutorum 57′, 0″, 9, seu circiter 1 gradus; id quod, inita supputatione, innuit Lunae a Tellure distantiam esse milliar. 206 220, idest Lunam esse Telluri viciniorem 400 vicibus, quam Sol; seu distantiam Lunae a Tellure esse circiter = 60 radiis terrestribus: hoc autem significat, 30 globos Telluri aequales in linea recta disponi oportere, ut ad Lunam pertingere fas esset, et 12000 eorumdem globorum, ut ad Solem possemus pervenire; vel alio modo, si Sol, Luna, et Tellus ita disponerentur, ut eorum centra in eadem linea recta inveniantur, quemadmodum in Solis eclipsi evenit aliquando, distantia Telluris a Luna produci deberet vicibus 400, ut ad Solis contactum possemus pertingere; nam 400 × 30 = 12000. Distantia ingens! Ut aliquam ejus ideam animo concipiamus, hoc unum adjicimus, nempe globum librarum 24 a tormento bellico explosum, qui hexapedas 420 quolibet minuto secundo percurreret, qualibet autem hora milliaria circiter 1660, adeoque qualibet die 38 400 milliar., dies $5\frac{1}{2}$ insumere debere ut ad Lunam posset pervenire; et nonnisi post annos circiter sex ad Solem pervenire posse.

1072. Parallaxim Veneris et Mercurii ex eorum transitu ante Solem accuratissima methodo Astronomi statuerunt; pro reliquorum Planetarum vero parallaxi eruenda aliam plane methodum invenerunt, ad *parallaxim* nempe *orbis annui* confugerunt. Si enim Telluris radius usque adhuc sumptus fuit pro basi trianguli parallactici, eadem plane ratione, inventa parallaxi solari, et determi-

nato eclipticae radio, hic assumi potest pro basi trianguli parallactici. Sicuti namque ope parallaxis terrestris quodlibet sidus ad situm reducitur, in quo a Telluris centro spectaretur (1065); ita pariter si OO′ (Fig. ead.) exhibeat eclipticae arcum a Telluris centro descriptum, et C exhibeat centrum Solis, sidus S, quod spectatori in O constituto in puncto I apparet, ad punctum Q, ubi idem sidus a centro Solis C spectaretur, reduci potest. Angulus OSC, seu angulus, sub quo eclipticae radius a puncto S spectaretur, vocatur *parallaxis annua*, seu *parallaxis orbis terrestris*. Quumque in Stellis fixis nullam unquam parallaxim, ne quidem annuam, deprehendere licuerit, utpote quae prae earum a nobis distantia omnino evanescat; hinc eas immensum a nobis distare merito statuerunt Astronomi, ut suo loco dicemus.

1073. His de ratione, qua siderum distantia eruitur, statutis, concipere possumus quomodo eorumdem *dimensiones* Astronomi definiant. Omnibus utique obvium est, objecta quaecumque eo minora oculis nostris apparere, quo magis ab iisdem remota sunt; idque ea constanti lege evenire, ut nempe, quemadmodum in Optica (553) demonstravimus, *magnitudo, qua corpora nobis apparent, sit in ratione inversa distantiarum, quibus ab oculis nostris sita sunt*. Si vero duo objecta in iisdem distantiis posita diversae magnitudinis nobis appareant, jure etiam inferre possumus, objectum quod alio minus apparet, reipsa alio minus esse, scilicet, *in iisdem distantiis magnitudines apparentes esse inter se, ut verae objectorum magnitudines*. Hinc si *magnitudines apparentes Telluris et Solis* nobis perspectae forent, et insuper *vera Telluris magnitudo*; ex tribus his terminis, ope regulae aureae, quartum terminum, nempe Solis magnitudinem, eruere illico nobis daretur. Atqui 1.° Telluris apparens magnitudo nobis perspecta est; nam parallaxis media Solis, quam 8″, 58 esse diximus (1071), exprimit etiam Telluris radium apparentem a Solis centro spectatum; adeoque duplum hujus numeri exprimit Telluris diametrum apparentem. 2.° Magnitudo Telluris vera etiam nobis innotescit; scimus enim (1060) ipsius radium medium esse aequalem milliar. 3437. Restat igitur, ut apparentem Solis magnitudinem determinemus, unde proportionem instituere, et ejus veram magnitudinem eruere liceat. Id autem fit sequenti ratione. Quum *diameter apparens* alicujus sideris sit angulus, sub quo illud conspicimus; evidens est, hunc angulum dimetiri posse ex temporis intervallo, quo sideris discus pertransit ante telescopii lentem; quumque ex motu diurno quodlibet sidus unius horae intervallo percurrat gradus 15 sphaerae mundanae (1049); certi esse possumus diametrum sideris apparentem esse, ex. gr., graduum 15, si hoc in suo transitu ante telescopii lentem unius horae intervallum impendat.

1074. Ut autem alicujus sideris diameter exacte dimetiri possit, ad telescopii lentem aptatur quidam rete ex exiguis filis inter se parallelis compositus, qui telescopii campum in totidem sectiones aequales dividit, et *Micrometrum* vocatur (1). Hac ratione diameter apparens tum Solis, tum Lunae Astronomis innotuit; qui quum diversa magnitudine utramque diametrum perspexerint, pro diversa horum astrorum a Tellure distantia (2); Solis diametrum apparentem in media distantia minut. 32′ fere aequalem, seu exactius aequalem minutis 1924″ esse statuerunt. Cognita autem Solis diametro apparente, ut ejus diametrum veram eruamus, sequentem ratiocinationem instituere licet: Quum radius Telluris a Sole spectatus sub angulo minut. 8″, 58 appareat; radius autem Solis a Tellure visus appareat sub angulo minut. 962″; certi sumus, quod in eadem distantia, in qua Solis radius apparet minut. 962″, radius Telluris videtur esse minut. 8″, 58. Hinc habetur proportio:

$$8'', 58 : 962'' = \text{rad. Telluris: ad rad. Solis};$$

$$\text{seu } 8'', 58 : \ 962'' = 1 : x = \frac{96200}{858} = 112.$$

Hinc *Solis radius aequalis est 112 radiis terrestribus*; sive est 112×3437 milliar. $= 384944$ milliar. Atqui sphaerarum volumina sunt ut cubi radiorum, ex Geometria; cubus autem numeri 112 est 1 404 928; hinc *Solis volumen, volumen Telluris fere quater et decies centenis millibus excedit.*

1075. Pari ratione invenitur vera diameter Lunae: nam quum radius Telluris a Luna spectatae in media distantia sit minut: 57′,6″, ut Astronomis constat; radius autem Lunae a Tellure spectatus appareat sub angulo minut. 15′, 7″; hinc oritur proportio:

$$57', 6'' : 15', 7'' = \text{rad. Telluris: rad. Lunae};$$

$$\text{seu } 57', 6'' : 15', 7'' = 1 : x = \frac{15', 7''}{57', 6''} = \frac{3}{11} \text{ circiter.}$$

Hinc *radius Lunae non est, nisi $\frac{3}{11}$ radii Telluris*. Radius medius Telluris est milliar. 3437; radius igitur Lunae erit $= 936$ milliaribus. Quumque sphaerarum superficies sint inter se, ut radiorum quadrata; earum vero volumina sint ut cubi radiorum; quadratum autem numeri $\frac{3}{11}$ sit $\frac{9}{121} = \frac{3}{40}$; cubus vero ejusdem nu-

(1) Hujus descriptionem videsis in Poli — *Fisic. Lez. VI. Artic. V. n. 345.*
(2) Diversa haec Solis et Lunae a Tellure in diversis suarum orbitarum temporibus distantia ex eo oritur, quod Tellus, ut infra videbimus, in sua ellipsi circa Solem describenda nunc sit aphelia, nunc perielia; Luna autem in variis suis motibus nunc sit apogea, nunc perigea.

meri $\frac{3}{11}$ sit $\frac{27}{1331} = \frac{1}{49}$; evidens itaque est, *Lunae superficiem esse* $\frac{3}{40}$ *superficiei nostrae Telluris, et ejus volumen esse* $\frac{1}{49}$ *voluminis ejusdem Telluris.*

1076. Ex his porro observationibus eruitur ratio, qua Solis magnitudinem, relate ad Terram et Lunam, aliquatenus comprehendere possimus. Concipe centrum Solis cum Telluris centro coincidere, Lunam vero in sua naturali positione suam orbitam circa Tellurem describere. Quum Lunae a Tellure distantia sit $= 60$ radiis terrestribus (1071) ; radius autem Solis aequalis sit 112 radiis terrestribus (1074); patet, Solis magnitudinem esse ejusmodi, ut non modo in se comprehenderet Tellurem et totam orbitam, quam Luna circa illam describit, verum etiam per alios 60 radios terrestres ultra Lunae orbitam se se extenderet. Imaginatio certe obstupescit, et quasi refugit credere totum hoc, quod firmissimis rationibus statuitur! Verumtamen hae ingentes distantiae, et haec magnae molis volumina si Stellis fixis comparentur, parva adhuc esse videntur! *O altitudo divitiarum sapientiae et scientiae Dei!..*

1077. Quod ad reliquorum Planetarum dimensiones attinet, facile quisque intelligit eodem plane artificio easdem erui ac definiri. Ubi de singulis Planetis tractabimus, de iis erit loquendi locus.

CAPUT QUARTUM

DE PLANETARUM, AC PRAECIPUE TELLURIS MOTU VERTIGINOSO CIRCA PROPRIUM AXEM

1078. Ut iis, quae postea dicturi sumus, praeviam lucem afferamus, operae pretium ducimus in hoc Capite breviter explanare quidquid de Planetarum motu circa proprium axem sciendum est: ita enim fiet, ut nostri Systematis Planetarii bases firmiter solideque struantur.

1079. Ante inventum Telescopium nullam rotationis Planetarum tum circa proprium axem, tum circa Solem Astronomi ideam habebant. Quinimo quum Copernicus vetustissimum Pythagoricorum systema ad vitam revocaret, ponendo Planetas singulos, inter quos etiam Tellurem, statis temporibus circa Solem moveri, hoc erat praecipuum argumentum, quod ei objiciebant tunc temporis Astronomi, nempe, si vera fuisset illa caelorum dispositio, Venerem et Mercurium phases subituros Lunae phasibus similes ; et in omnibus Planetis dari oportere quaedam signa, ex quibus eorum rota-

tio circa proprium axem colligi posset; id quod quum nunquam observatum fuisset, systema illud phaenomenis non satisfacere contendebant. Huic objectioni respondebat Copernicus, eas phases et illa signa revera dari, eaque futuris saeculis detecturos Astronomos. Copernici vaticinium primus omnium implevit Galilaeus noster, qui primus ad Venerem Telescopium dirigens, eam phasibus suis Lunam reapse aemulari deprehendit; deinde Solem et reliquos Planetas maculis conspersos observavit, ex quibus eosdem regulariter circa proprium axem moveri conclusit.

1080. *Solis rotatio circa proprium axem.* Et re quidem vera quum Solis discus maculis conspersus spectetur, quae ab occidentali ejus margine versus meridiem uniformiter progredi videntur, unde eadem uniformitate versus orientalem marginem provehi, et deinde occultari conspiciuntur; quumque caedem maculae, postquam per aliquot dies in adversa Solis parte delituerint, in occidentali margine rursus appareant, pronum est inferre, hunc motum regularem et uniformem versus eamdem semper directionem non ex alia caussa pendere, quam a Solis circa proprium axem rotatione. Quia vero temporis intervallum, quo maculae in adversa Solis parte delitescunt, et deinde in eodem marginis occidentalis puncto apparent, est fere 13 dierum; hinc conclusum fuit, integram Solis revolutionem circa proprium axem absolvi spatio dierum 25, 12 hor. 12′. Quum autem dies 25, horae 12, et minuta 12′ minuta 36732′ conficiant; aequatoris vero solaris peripheria, ut Astronomis notum est, sit milliariorum 2 278 512; si hunc numerum per illum dividas, erit $\frac{2278512}{36732} = 65$ milliaribus: adeoque quolibet minuto Sol cum suo aequatore describet milliaria circiter 65. Hae Solis maculae in quadam zona disci solaris continentur, quae ab ejus aequatore plusquam 34 gradibus non recedit: quumque sensim minores evadant, prout ad disci margines in suo motu accedunt, evidens est, Solis figuram esse sphaericam, minime vero planam.

1081. *Lunae rotatio.* Ex observatione motus macularum Lunae, illarum praecipue quae super ejus aequatore existunt, intulerunt Astronomi, illam circa suum axem revolvi intervallo dierum 27, hor. 7, minut. 43′. Atqui 27 dies, 7 hor., 43′ conficiunt horas (omissa fractione) 655; aequatoris vero lunaris peripheria est milliariorum 5892; dividendo autem 5892 per 655 obtinetur $\frac{5892}{655} = 9$ milliar. circiter; ergo motus rotationis Lunae in suo aequatore est milliariorum 9 in qualibet hora; nempe 343 vicibus tardior motu Solis. Videbimus infra, Lunam eodem praecise tempore circa suum axem ac circa Tellurem moveri, adeoque semper idem hemisphaerium nobis spectandum exhibere.

1082. *Reliquorum Planetarum rotatio.* Non absimili ratione Astronomi deprehenderunt Mercurium circa proprium axem moveri intervallo 24 hor., 5′,30″; Venerem intervallo 23 hor., 21′, 19″; Martem intervallo 24 hor., 39′,21″; Iovem intervallo 9 hor., 55′, 33″; Saturnum intervallo 10 hor., 16′: et sic de caeteris.

Ex hac diversa celeritate, qua Sol et Planetae singuli circa suum axem volvuntur, intulerunt etiam Astronomi eorum figuram non esse perfecte sphaericam, sed sphaeroideam (237), magis vel minus ad polos compressam pro majori vel minori celeritate, qua suam revolutionem perficiunt; quinimo ejusmodi reipsa esse Planetarum figuram observationibus accuratissimis postea confirmarunt; et initis calculis, invenerunt in Marte axem majorem esse $\frac{1}{16}$ axe minori longiorem; in Iove esse $\frac{1}{14}$; in Saturno $\frac{1}{11}$, etc.

1083. *Telluris rotatio.* Quid vero de Telluris motu circa proprium axem dicendum? Hic incipiunt jurgia inter eos, qui sensibus tantum credunt, et illos, qui sensuum fallaciam agnoscentes, rationibus et demonstrationibus evidentissimis fidem adstruendam quam optime censent. Ut autem ordinate in hac re gravissima definienda procedatur, videndum primo an Telluris motus sit reipsa possibilis: alias enim inanis et vacua erit omnis disputatio. Qui Telluris *stabilitatem* defendunt, haec inter alia afferunt argumenta. 1m. Si Tellus circa suum axem intra horas 24 volveretur; qui fieri posset, ut homines eo motu tam rapido abrepti illum nullo modo sentirent? Quum enim aequatoris peripheria sit milliariorum 21600 (1059), Tellus qualibet hora sui motus 90 milliaria describeret (uam $\frac{21600}{24} = 90$), adeoque milliaria 15 quolibet minuto, et $\frac{1}{4}$ milliaris partem in quolibet minuto secundo. Homines igitur, arbores, aedificia, et quidquid in terrestri superficie existit, ea velocitate abriperentur, qua globus tormenti bellici pulvere pyrio explosus movetur; quum autem ejus rei ne minimam quidem suspicionem habeamus, fieri nequit, ut Tellus moveatur. 2.m Si Tellus spatio 24 horarum circa suum axem ageretur, aedificia ipsa brevi corruerent; nam ut rota citissime acta globulos sibi impositos procul expellit, sic Tellus tanta incitatione mota turres et aedificia excuteret: 3.m nec gravia ad perpendiculum deciderent: dum enim cadunt, jam Tellus longe provecta est: neque corpus grave in idem Terrae punctum, unde emissum est, relabi posset, quod contrarium evenire conspicimus.

1084. Sed futilia omnino sunt haec argumenta, omniaque alia, quae a patronis Telluris quiescentis afferuntur, eaque invicte omnino dissolvit Galilaeus *Dial. De Mundo*, *Giornata* 2. Et ad primum

quidem respondemus, nullius roboris esse argumentum illud: *quia motus Telluris non sentitur, ideo revera non existit.* Nonne enim certum est, nos undequaque premi ab aeris columna, cujus pondus est librarum 33600, quin illam aliquo modo sentiamus?(324). Undenam hoc, nisi quia assuetis non fit passio? Si itaque aeris pressionem, quae tot inaequalitatibus obnoxia est, nullo modo sentimus, quia eidem ab infantia assuevimus; multo minus Telluris rotationem, quae mirabili uniformitate peragitur, sentiemus. Finge hominem in inferiori parte navis constitutum, dum haec aequabili venti impulsu movetur; si hic nec mare aspiciat, nec remigum, nec antennarum rumorem audiat, nullo modo perspicere poterit, utrum navis moveatur, an vero immota stet. (1) Qui in curribus vapore per vias fer–

(1) Libet hic ipsissima Galilaei verba afferre: E quì per ultimo sigillo della nullità di tutte le sperienze addotte, mi par tempo, e luogo di mostrar il modo di esperimentarle tutte facilissimamente. Rinserratevi con qualche amico nella maggiore stanza, che sia sotto coverta di alcun gran naviglio, e quivi fate d' aver mosche, farfalle, e simili animaletti volanti: siavi anco un gran vaso d' acqua, e dentrovi dei pescetti; sospendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vadi versando dell' acqua in un altro vaso di angusta bocca, che sia posto a basso; e stando ferma la nave, osservate diligentemente, come quelli animaletti volanti, con pari velocità, vanno verso tutte le parti della stanza; i pesci si vedranno andar notando indifferentemente per tutt' i versi, le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; e voi gettando all'amico alcuna cosa, non più gagliardamente la dovrete gettare verso quella parte, che verso questa, quando le lontananze sieno eguali; e saltando voi, come si dice, a piè giunti, eguali spazii passerete verso tutte le parti. Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benchè niun dubbio ci sia, che mentre il vascello sta fermo non debbano succedere così; fate muover la nave con quanta si voglia velocità: che (pur che il moto sia uniforme, e non fluttuante in quà e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti; nè da alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina, o pure sta ferma. Voi saltando passerete nel tavolato i medesimi spazii, che prima; nè perchè la nave si muove velocissimamente, farete maggiori salti verso la poppa, che verso la prora, benchè nel tempo, che voi state in aria, il tavolato sottopostovi scorre verso la parte contraria al vostro salto; e gettando alcuna cosa al compagno, non con più forza bisognerà tirarla per arrivarlo, se egli sarà verso la prora, e poi verso poppa, che se voi foste situato per l'opposito: le gocciole cadranno, come prima, nel vaso inferiore, senza caderne pur una verso poppa, benchè mentre la gocciola è per aria, la nave scorra molti palmi; i pesci nella lor acqua non con più fatica noteranno verso la precedente, che verso la susseguente parte del vaso, ma con pari agevolezza verranno al cibo posto su qualsivoglia luogo dell' orlo del vaso; e finalmente le farfalle, e le mosche continueranno i lor voli indifferentemente verso tutte le parti, nè mai accaderà, che si riduchino verso la parete, che riguarda la poppa, quasi che fossero stracche in tener dietro al veloce corso della nave, dalla quale per lungo tempo trattenendosi per aria saranno state separate: e se abbruciando alcuna lagrima d' incenso, si farà un poco di fumo vedrassi ascender in alto, e a guisa di nugolette trattenervisi, e indifferentemente muoversi non più verso questa, che quella parte: e di tutta questa corrispondenza di effetti ne è cagione l' esser il moto della nave comune a tutte le cose contenute in essa e all' aria ancora, che perciò dissi io, che si stesse sotto coverta; che quando si stesse di sopra, e nell' aria aperta, e non seguace del corso della nave, differenze più e men notabili si vedrebbero in alcuni degli effetti nominati, e non è dubbio che il fumo resterebbe indietro, quanto l'aria stessa, le mosche parimente, e le farfalle impedite dall' aria, non potrebbero seguir il moto della nave quando da essa per ispazio assai notabile si separassero, ma trattenendovisi vicine, perchè la nave, stessa, come di fabbrica anfrattuosa, porta seco parte dell' aria sua prossima, senza intoppo

reas motis vehuntur, easdem conficere possunt operationes, ac si in suis cubilibus versarentur; quum enim motus per has vias optime complanatas nullis asperitatibus impediatur, et sit paene uniformis, sensibus nostris est fere inconspicuus.

Ad 2m. vero dicimus, ineptire prorsus qui haec effutiunt. Quum enim corpora omnia ex gravitatis vi ad Telluris centrum tendant, fieri nequit, ut a suo situ a vi centrifuga Telluris dimoveantur. Si enim vis centrifugae effectus cum effectibus gravitatis conferantur, illi ab his elidi invenientur. Nam quodlibet corpus grave unius secundi intervallo ab alto descendens spatium 15 pedum parisiensium percurrit (212). Ex dictis (1083) certum est, Tellurem propter rotationem circa proprium axem $\frac{1}{4}$ milliaris partem in quolibet minuto secundo percurrere: ex geometria autem compertum est, lineam horizontalem, cujus longitudo $\frac{1}{4}$ milliaris partem non excederet, ita cum Telluris superficie curva componi, ut in extrema sui parte ab eadem non recedat, nisi lineis $7\frac{1}{2}$; quumque pes unus in lineas 144 dividatur, manifestum est numerum $7\frac{1}{2}$ in pedibus 15 contineri 288 vicibus. Si igitur corpora ex vi Telluris *centrifuga* extrudi deberent, nonnisi per lineas $7\frac{1}{2}$ in quolibet minuto secundo a Tellure removeri possent; quumque eodem temporis intervallo corpora ex *vi centripeta* ad Telluris centrum ea celeritate tendant, quae est 288 vicibus major; patet vis centrifugae effectus omnino a gravitatis effectibus elidi.

3. Tertiam difficultatem jam praeoccupavit Galilaeus, dum monuit eodem angulari motu, eodemque tempore terram solidam, et maria, et atmosphaeram omnem, et terrestria omnia corpora ferri oportere; unde quum motus communis quicumque additus relativos motus corporum non turbet, omnino eadem gravium cadentium, et in altum projectorum ac sibi utcumque occurrentium phaenomena in Terra circa axem mota habebuntur, quae in Terra omnino quiescente haberi possent. Recole quae de motu composito diximus (81 - 83), et perspicies, corpora vel a summo deorsum descendentia, vel sursum projecta, quum duobus motibus diversis impellantur, quorum unus a gravitate oritur, quae illa deorsum propellit, alter vero ab atmosphae-

o fatica seguirebbon la nave; e per simil cagione veggiamo tal volta nel correr la posta le mosche importune e i tafani seguir i cavalli volandogli ora in questa, e ora in quella parte del corpo; ma nelle gocciole cadenti pochissima sarebbe la differenza e nei salti, e nei projetti gravi, del tutto impercettibile. Galil. Galil. *Dial. De Mundo, Giorn.* 2.

ra, quo feruntur versus ortum, utrique obsequi, et proinde diagonalem describere necessario debere. Verum ad perpendiculum in Terram recidere videntur, quia corpora gravia ab aere ambiente eadem proportione abripiuntur, qua Terrae superficies versus ortum progreditur. Sic ubi pila a nautis projicitur, dum navicula secundo flumine vehitur, homines in littore stantes illam juxta lineam curvam recidere vident; sedentibus autem in navi ad perpendiculum illa descendere videtur.

1085. Quum igitur argumenta superius allata, omniaque alia quae inferius dissolventur, nullius sint roboris; quumque superius deprehenderimus, Solem, Lunam, Planetasque omnes circa suum axem moveri; nonne ex sola analogia idem videtur jure merito de Tellure colligendum? de Tellure, inquam, quae Lunam quidem magnitudine excedit, sed Sole est infinite minor; est in aere pendula; est corpus opacum, rotundum, solidum, ut sunt reliqui Planetae?

1086. Videamus modo argumenta, quae Telluris motum magis directe demonstrant. Apud omnes constat, phaenomena coelestia eadem semper apparere, sive Coelum ex oriente in occidentem, sive Terra ex occasu in ortum moveatur. Compertum est ex Optica (685), mentem de motu corporum judicare ex motu imaginis in retina depictae; adeo ut si externum corpus revera quiescat, sed ejus imago, nobis moventibus, cum oculo moveatur, illud quidem moveri quoque videatur. Evenit nobis in judicio de Telluris motu ferendo, id quod evenit iis, qui in altero corpore moto positi, quum illius motus sint participes, corpus illud quiescere, et corpora circumstantia in partem oppositam ferri judicant. Qui in aliqua navi vapore mota versantur, dum illa secundo flumine versus ortum abripitur, navem immotam esse credunt, littora vero, caeteraque corpora in iis sita, in partem oppositam promoveri ea prorsus velocitate judicant, qua navis ipsa impellitur, adeo ut si navis ita uniformiter moveretur, ut ejus motus, quamvis celerrimus, sensibus percipi nequiret, nullo certo indicio asserere possent navis ne, an littora moveantur. Undenam hoc, nisi ex eo, quod haec phaenomena quum ex motu voluntario a nostris musculis impresso non oriantur, mutationem situs, cui objecta subjacere videntur, cuidam motui ipsis impresso adjudicamus, et nosmet immotos esse credimus? Quid igitur dicendum? Tellus ne vertitur circa suum axem, an est immota? Si Tellus immota stat, circa illam vertantur quotidie Sol, Planetae omnes, fixaque sidera oportet. Quumque media Solis a Tellure distantia milliaria fere 82 000 000 complectatur, Sol circuli peripheriam quotidie describet, quae milliaria fere 515 000 000 (omissis fractionibus) continet, ideoque unius horae intervallo milliaria circiter 21 600 000 peragrabit, intervallo minut.

1′ milliaria 360 000; et minuti 1″ intervallo milliaria 6000. Hac immani velocitate necesse est ut Solis immensa moles currat jugiter viam suam, ne Tellus nostra a suo loco dimoveatur ea minori velocitate, qua milliaria 15 minuti 1′ intervallo describat, et quartam unius milliaris partem 1″ conficiat (1083). Quid de fixis Stellis dicam, immensum a Tellura remotis! Stellae quae sunt Telluri citimae, a nobis distant non minus quam 17 biliones milliariorum; quumque circumferentia in ratione auctae diametri crescat; hae intervallo minut. 1″ describent plusquam 74 milliones milliariorum: et si fixarum Stellarum, quae *sextae magnitudinis* dicuntur, a Tellure distantia sexies major ponatur, in min. 1″ intervallo milliariorum 444 miliones metientur. Oh! tanta celeritas nobis insoleutissima videtur; potest autem esse credibilis iis tantum, qui concipere nequeunt quomodo Tellus unius secundi intervallo $\frac{1}{4}$ milliaris partem describat.

1087. Praeterea motus siderum diurnus, ut oculis apparet, ea ratione fit, ut haec semper inter se eamdem distantiae rationem servent. Si igitur sidera ab invicem sunt sejuncta (quemadmodum videntur, et reipsa sunt) nulla assignari potest ratio, nec caussa cur ex iis aliqua maximas, aliqua vero minimas orbitas eadem prorsus uniformitate, eodemque tempore (nempe horarum 24 intervallo), sed valde inaequali celeritate describant, prout magis vel minus a rotationis axe sunt remota. Quod si dicas, sidera esse inter se ita conjuncta, ut eidem prorsus coelo solido tamquam lucida puncta sint infixa, quae ab hujus motu rotatorio simul et semel abripiantur; ex qua, quaerimus, materia solida coelum illud efformatur, ut astra sibi infixa sustinere valeat? Dices ne illud esse ex crystallo, seu ex quolibet corpore diaphano ac solido; id namque ex ejus pellucidate inferri videtur? At, qua ratione, quaeso, Planetae, quorum singuli quotidie suam distantiae rationem immutant, per hanc crystallum penetrantes, suos motus possent continuare? Qua ratione Cometae, qui coelum undequaque discurrunt, eamdem crystallum pervadere valerent? Tot denique siderum myriades, quae telescopiorum ope detecta sunt, et quorum existentiam nudo oculo nec percipimus, nec suspicamur quidem, ad quem finem celeritate prorsus incomprehensibili circa Tellurem quotidie verterentur? Id est adeo inverisimile, et incongruum, ait perlepide Ds. Cagnoli (1), ut potius dicendum esset optime sapere hominem, qui in alta turri positus, omnemque subjectam sibi regionem oculis lustrare cupiens, potius vellet, ut haec circa se immotum verteretur, quam ut ipse aliquantulum oculos suos circumgyraret.

(1) Not. Astron. C. XIV. n. 286.

1088. Insuper, quum omnia corpora, quae in orbem moventur, ex virium centralium combinatione moveantur (254); vires autem centrales sese exerant in directa ratione tum massarum, tum quadratorum celeritatum (264.n.3.); liquido patet, vim valde ingentem requiri, ut Sol et sidera in suis orbitis detineantur. Si Tellus immota in medio Universi esset centrum commune, circa quod omnia corpora coelestia quotidie moverentur, necesse foret, ut haec ipsa Tellus (quae, relate ad reliqua coelestia corpora, tamquam materiae atomus spectari potest) eam vim exereret, qua in suis orbitis retinere posset sidera innumera, quorum a nobis distantia omnem mentis aciem fugit, quorumque celeritas esset valde ingens et incomprehensibilis, nec non diversa in diversis sideribus; necesse foret, ut haec eadem vis, quin minueretur pro ratione auctae distantiae a centro, potius ea proportione cresceret, qua motum constantem ac mirabiliter uniformem producere valeret; quumque centra orbitarum a sideribus descriptarum in axe Telluris in infinitum producto inveniri omnia debeant, hic axis, linea nempe ab imaginatione conficta, materia ac limitibus carens, ea vi praedita foret, quae omnem vis centrifugae actionem elidere valeret! Res prorsus inconcinna et absona! utpote omnium Mechanicae Legum contraria. Concludamus igitur, *Tellurem intra 24 horarum intervallum circa suum axem, qui versus polos coelestes situs est, ab occidente in orientem converti; Solem vero, et Stellas in coelesti spatio immota consistere.*

1089. Sed demonstratio magis directa, et, ut ita dicam, mathematica, motus Telluris, petitur ex diversa oscillatione pendulorum in variis Terrae locis, unde etiam veram Telluris figuram eruerunt Astronomi (237, et 268.). Id enim nonnisi a Telluris circa proprium axem rotatione oriri posse ibidem demonstravimus. Pro firmo igitur teneamus, Tellurem circa suum axem ab occidente in orientem *rotare* intra 24 horarum intervallum; adeoque phaenomena motus diurni, quem Sidera, Sol, Luna, Planetaeque omnes ab oriente in occidentem peragere videntur, non esse nisi sensuum nostrorum illusiones, quae ratiocinatione emendari debent.

1090. His autem omnibus rationibus hodie adjungitur argumentum physicum, et *sensibus obvium* rotationis diurnae nostrae Telluris nuperrime a D.no Foucault detectum, quod sequenti innititur experimento. Si pendulum aliquod circa suum suspensionis punctum libere oscillet, hoc a plano suae oscillationis initialis sensim ita deviabit, ut pars versus meridiem oscillans sensim ab oriente in occidentem convertatur; pars vero oscillans versus septentrionem sensim ab occidente orientem versus procedat: adeo ut in quacumque positione constituatur homo spectans lineam verticalem, circa quam pendulum oscillat, semper hic observabit dimidiam partem anteriorem et sibi proximam plani oscillationis a sua naturali positione lente

removeri a dextera ad sinistram. Hoc experimentum quisque instituere potest, dummodo curet ut resistentiae tum circa suspensionis punctum, tum circa corpus oscillans, quoad ejus fieri potest, minuantur, et penduli motus longius perduret; id quod assequetur, 1.° si suspensionis punctum ita statuatur, ut aequalem pressionem circumquaque exerceat; inde enim fiet, ut motus oscillatorii directio nullam subeat immutationem; 2.° si pro penduli lente adhibeat globulum plumbeum, vel alterius ejus generis materiei gravis (trium vel quatuor pollic. diametri), qui ob sphaericam formam aequali semper resistentiae sit undique obnoxius in medio ambiente, eamque sui ponderis vi facile superet; 3.° si ad sustinendum globulum oscillantem adhibeat filum metallicum satis longum (20 vel 25 pedibus), exile, et igni prius expositum, ut motum initialem longius servet, eumque ab actionibus tum elasticitatis, tum tensionis, quae illum perturbare possent, defendat. Penduli oscillationes autem maxima diligentia institui debent; id quod fiet, si pendulum ante experimenti institutionem filo aliquo detineatur gradibus 35 vel 40 a linea verticali remotum, deinde idem filum comburatur, ut quaecumque alia vis a gravitate et Telluris rotatione diversa, quae illud urgere posset, vitetur. Ut autem penduli deviationes ab oscillationis plano observentur, in cubiculi pavimento, in quo experimentum instituitur, per centrum lineae verticalis, ubi pendulum, motu cessante, sistitur, plures lineae tamquam radii quaqueversum ducantur, et ad globuli partem inferiorem acies aduectatur; haec enim si in sola serie semi-oscillationum anteriorum spectetur, per omnes lineas ad spectatoris sinistram existentes successive pertransibit: quin imo si penduli oscillationes ita instituantur, ut prior oscillatio in ea directione fiat, quae uni ex cubiculi parietibus sit exacte parallela, omitti poterunt acies et lineae jam dictae; tunc enim post aliquod temporis intervallum oscillationis planum cum dicto pariete ad angulum se componet; indicium evidens idem oscillationis planum suam priorem positionem mutasse. Tres itaque conditiones in hoc experimento sunt omnino necessariae, nempe 1.ª aequalitas pressionis et resistentiae ex omni parte, 2.ª oscillationis motus a solis viribus activis Telluris productus, 3.ª dispositio penduli, qua plani oscillationis variatio experiri possit.

Ut autem facile concipiatur, hanc penduli deviationem ab oscillationis plano non aliunde repeti debere, quam a Telluris conversione diurna circa proprium axem, ponamus, pro majori simplicitate, experimentum istud institui prope Telluris polum, ubi penduli oscillationes fiunt circa Telluris axem, cujus directio ibidem a linea verticali non differt. Corpus oscillans, ubi a suae quietis linea removetur, et sibimetipsi permittitur, primam oscillationem

incipiens, a duobus viribus valde inaequalibus urgetur, nempe verticaliter a vi gravitatis, et horizontaliter a projectione, quam rotatio Telluris diurna illi communicat, quae rotatio sub polis in directione horizontali conficitur; oscillatio igitur nequit esse plana (quemadmodum foret, si a sola gravitatis vi urgeretur), sed quamdam ellipsim describet (261). Si vis projectionis horizontalis cum gravitatis vi comparata alicujus intensitatis foret, ellipsis fere circulum referret; sed quoniam pendulum brevi minutorum secundorum intervallo oscillationem conficit ob gravitatis vim, Telluris autem integra conversio circa suum axem intra horas 24, seu 86480″ absolvitur; facile patet ellipsim, quae ob has duas longe inaequales vires describitur, adeo oblongam esse debere, ut a linea recta parum differat; quare penduli oscillationes in plano verticali conficiuntur, cujus directio a prima deviatione determinabitur. Idem in singulis oscillationibus repetetur: quum autem Tellus ab occidente in orientem convertatur, et observator simul cum Tellure et circumstantibus objectis in eadem directione feratur, inde fiet ut curvam valde oblongam et fere rectae lineae similem a penduli oscillationibus descriptam in directione sibi opposita videbit. Haec est phaenomeni caussa ad suam simpliciorem expressionem redacta. Si autem consideremus, motum rotatorium plani oscillationis fieri cum celeritate decrescente a polis ad aequatorem, ubi haec evadit nulla; facile concipiemus durationem integrae conversionis penduli in latitudinibus intermediis, 24 horis in quibus eadem conversio sub polis absolvitur, eo usque majorem evadere debere. Hinc patet ratio, ob quam in accuratissimis hujusmodi experimentis a P. Secchi in Collegio Romano captis penduli deviatio per 1^h, 43′ intervallum fuerit 19°, 30′, 5″; et 50°, 50′, 5″ in intervallo 6^h., 6′; unde deducitur, in latitudine urbis Romae periodum integrae conversionis penduli intra 36^h, 6′ absolvi debere. Atqui ex calculo trigonometrico etiam infertur eamdem periodum in eadem latitudine esse debere 36^h., 4′, 9″. Dubitari igitur nequit, deviationem plani oscillationis penduli libere suspensi non aliunde, quam a diurna globi terrestris rotatione, suam originem trahere.

Argumenta superius allata Telluris rotationem circa proprium axem luculenter demonstrant; at D^{ni} Foucault experimentum eamdem sensibus subiicit, ejusque veritatis persuasionem animis nostris alte imprimit, atque insculpit.

CAPUT QUINTUM

DE SYSTEMATE EXPLICANDIS OMNIBUS SIDERUM MOTIBUS MAGIS IDONEO

1091. Jam vidimus (1030) corpora coelestia in duas classes generatim dispesci, nempe in *Stellas fixas*, quae numquam inter se distantiae rationem mutant, et diversas *Constellationes* efformant; et in *Planetas*, seu *sidera errantia*, quae circa Solem suos orbes describunt. Tempus est igitur, ut verum Mundi Systema ad examen revocemus; ut inquiramus nempe Planetarum dispositionem magis aptam explicandis omnibus eorum phaenomenis, quae sensibus nostris obversantur.

1092. Duo sunt praecipua Systemata pro explicandis coelestibus phaenomenis in Scholis celebrata, nempe *Ptolemaicum* et *Copernicanum*. Claudius Ptolomaeus, Alexandrinus, qui secundo saeculo a Christo nato floruit, antiquissimo Systemati, quod Chaldaeis, plurimis Graecis Philosophis, et maxime Aristoteli, ejusque sectatoribus adrisit, suum nomen dedit, quia illud suis observationibus Astronomicis plurimum auxit et illustravit. In hoc Systemate Tellus nostra in mundi centro penitus fixa et immota jacet, circa quam variis intervallis, et statis temporibus corpora coelestia hoc volvuntur ordine, 1.° nempe Luna, 2.° Mercurius, 3.° Venus, 4.° Sol, 5.° Mars, 6.° Juppiter, 7.° Saturnus. Sua cuique Planetae est sphaera seu coelum solidum simul, et translucidum; solidum quidem, ut Planetam sua in orbita retineat; translucidum vero, ut liberum praebeat lumini transitum. Supra Saturni orbitam eminet *Firmamentum*, sive *coelum stelliferum*: his octo *sphaeris*, seu *coelis* Telluri concentricis, *tres alias superiores sphaeras* addidit, *duas crystallinas*, quarum una libratorio motu ab oriente in occidentem cietur et contra, altera a meridie ad septentrionem et viceversa; et *tertiam*, sphaerarum ultimam, *Primum Mobile* vocatam, quae immani celeritate ab oriente in occidentem vertitur intervallo horarum 24, motuque suo subjectos sibi orbes abripit. Ex motu Primi Mobilis fit, ut tota *Mundi sphaera*, omniaque coelestia corpora horis 24 circa Tellurem immobilem *communi motu* ab oriente in occidentem integram absolvant periodum; dum interea Planetae in septem sphaeris positi ab occidente in orientem *motu sibi proprio* feruntur diversis temporum periodis. Hujus systematis falsitatem plurimi etiam ex antiquis Philosophis subodorarunt; omnibusque notum est nefarium ac impium illud Alphonsi X Castellae et Legionis Regis effatum, qui reapse mundum ita dispositum reputans, uti ex Ptolomaei libris hauserat, per summam insaniam ait: *Si in Mundi creatione Deo adfuissem, multo meliorem ac ordinatiorem mundanam structuram Ei consuluissem!*

1093. Plerique ex veteribus, et praesertim Pythagoras, Plato, aliique Scholae Italicae Philosophi Tellurem moveri docuerunt, et Solem immobilem affirmarunt. Hanc sententiam jamdiu neglectam et obsoletam Cardinalis Nic. Cusanus in suo Libro *De docta ignorantia* (1) circa medium saeculi XIV velut e cineribus excitavit; at Nicolaus Copernicus, Canonicus Wormiensis in Borussia, eamdem 30 annorum labore et studio illustravit, patefecit, et Romae anno 1540 palam docuit: hinc Systema de Telluris motu ab ipso suum nomen accepit, et *Copernicanum* vocatur. Hoc Systema omnes Physici deinde amplexati sunt, imprimisque Galilaeus noster, Keplerus, Nevvtonus, aliique omnes de re physica et mathematica optime meriti viri illustres, qui illud adeo novis legibus et observationibus adornarunt et perfecerunt, ut nihil accuratius, nihil simplicius excogitari possit. Ad haec autem capita praecipue reducitur.

I. Sol centrum Systematis occupat, et tantum circa suum axem intra dies circiter $25\frac{1}{2}$ volvitur: circa illum Planetae omnes diversis intervallis et temporibus ab occidente in orientem isto ordine suas orbitas describunt, 1.° Mercurius, 2.° Venus, 3.° Tellus, circa quam Luna, tamquam ejus satelles, vertitur; 4.° Mars, 5.° Juppiter, 6.° Saturnus. Quum autem deinceps detecti fuissent quatuor Planetae *Telescopici* dicti, nempe Juno, Vesta, Ceres, Pallas, et nostris diebus alii quindecim, nempe Flora, Victoria, Iris, Metis, Hebe, Parthenope, Aegeria, Astraea, Igaea, Psyche, Tetys, Melpomene, Fortuna, Themis seu Massilia, et Neptunus, quorum primi quatuordecim etiam inter Telescopicos adnumerantur; nec non quatuor Jovis Satellites, septem Satellites Saturni, et Uranus cum suis sex Satellitibus; horum quoque ratio ita a recentioribus Astronomis habita est, ut octodecim dicti Planetae telescopici inter Martem et Jovem suas orbitas describant, Uranus ultra Saturnum suam orbitam describat, et Neptunus in sua orbita reliquas Planetarum orbitas complectatur; Jupiter denique, Saturnus ac Uranus suos Satellites eorumque orbitas secum in motu suo circa Solem ferant, quemadmodum Tellus in suo circa Solem motu Lunam, ejusque orbitam secum vehit, ut innuit Fig. 8. In hoc Systemate praeterea Planetae non orbitam circularem, sed ellipticam, in cujus *foco* Sol existit (Fig. 9) describunt; ideoque non eadem semper celeritate moventur. Punctum T minus a Sole distans vocatur *perihelium* (2); punctum vero T', quod a Sole magis distat, dicitur *aphelium* (3); axis autem ellipseos TT' dicitur *linea apsidum*(4); unde etiam perihelium vocari solet *ima apsis*, et aphe-

(1) Lib. II. Cap. 11.
(2) A περί, circum, et ἥλιός, sol.
(3) Ab ἀπο, ab, et ἥλιός, .
(4) Ab ἁψίς, ιδός, curvatura in rota.

lium *summa apsis*. Ex hoc etiam motu elliptico Planetarum fit, ut illi nunc magis, nunc minus a Terra distent. Ubi Planeta magis ad Terram accedit, dicitur esse in *perigeo* (1); ubi vero magis a Tellure distat, dicitur esse in *apogeo* (2).

II. Ultra Planetas est coelum stelliferum, quod a Sole tanto distat intervallo, ut tota orbita, quam circa Solem Tellus describit, instar puncti se haberet, si ex Stella quavis conspici posset.

III. Telluri triplicem motum attribuit Copernicus, *diurnum* nempe, quo circa suum axem ab occidente orientem versus horis ferme 24 abripitur; *annuum*, quo suam orbitam circa Solem ab occidente pariter in orientem intra unius anni spatium percurrit; et *inclinationis*, seu *parallelismi*, qui proprie non est ab annuo motu diversus, sed potius est quaedam ipsius motus modificatio, qua terrestris axis in annua revolutione manet sibi, et mundano axi jugiter parallelus, et ab eclipticae axe semper gradibus $23\frac{1}{2}$ removetur; unde dierum et noctium inaequalitates, nec non tempestatum vicissitudines producuntur. Hoc Systema hodie ab omnibus tamquam indubium et verum Mundi Systema adeo habetur, ut hebetissimi ingenii, et non sanae mentis dicendus foret, qui illud putidis et obsoletis veterum difficultatibus impetere auderet.

1094. Sed ne Mundani Systematis historiae aliquid desiderari videatur, breviter etiam hic indicandum est Systema *Tychonicum*, ita dictum a Tychone Brahaeo, nobili Dano, celeberrimo Astronomo, qui declinante saeculo XVI pro explicandis astrorum motibus tertiam excogitavit hypothesim ex Ptolemaica et Copernicana simul congestam. Terram is cum Ptolomaeo constituit immotam in mundi centro, circa quam volvuntur Luna, Sol, et Stellae fixae: circa Solem vero reliqui Planetae, tanquam Satellites, moventur hoc ordine, Mercurius, Venus, Mars, Iupiter cum suis quatuor Satellitibus, Saturnus item cum suis Satellitibus; ita tamen, ut Mercurius, et Venus in orbita, quam circa Solem describunt, Terram non complectantur, eam vero in suis orbibus includant Mars, Jupiter, et Saturnus. Quoniam autem Mars aliquando ad Tellurem magis, quam ad Solem, accedere videtur, idcirco statuit Tycho orbitam Martis intersecare orbitam Solis. Verum haec hypothesis Tychonica ab omnibus tanquam Physicae ac Mechanicae Legibus omnino contraria, statim ac suum ortum habuit, rejecta fuit.

1095. Ex sola Systematum expositione patet, Copernicanum Systema omnium simplicissimum esse. Ei igitur cum omnibus nostri aevi Astronomis, ne uno quidem excepto, indivulse adhaerentes,

(1) A περὶ, et, γῆ terra.
(2) Ab ἀπο, et γῆ.

videamus num etiam habendum sit Ptolemaico ac Tychonico probabilius, et an omnia coelestia phaenomena ex ejus legibus facile ac dilucide explicari possint.

1096. Ut autem ea, quae dicturi sumus, plenius intelligantur, notandum est 1.° ex Planetis Mercurium et Venerem juxta Copernicanum Systema vocari *Planetas inferiores*, quia eorum orbitae intra orbitam Telluris continentur; reliquos vero, nempe Martem, Jovem, etc. dici *Planetas superiores*, quia Telluris orbita intra orbitam illorum includitur. 2.° Planetas esse posse vel *in oppositione*, vel *in conjunctione* cum Sole. Planeta est Soli *oppositus*, quum inter ipsum et Solem media est Tellus, quando scilicet Planeta et Sol e Tellure observati sibi invicem e diametro adversantur, uti est Luna in plenilunio. Est autem *in conjunctione* cum Sole, ubi Planeta et Sol e Tellure inspecti eidem zodiaci puncto respondent. Conjunctio potest esse vel *superior*, vel *inferior*: *superior conjunctio* tunc habetur, quando Sol inter Tellurem et Planetam existit; *conjunctio inferior* adest, quando Planeta locum medium tenet inter Tellurem et Solem, uti est Luna in novilunio. 3.° Planetas in suis motibus aliquando apparere *directos*, aliquando vero *retrogrados*, aliquando demum *stationarios*. Motus Planetarum dicitur *directus*, quum illi juxta seriem signorum zodiaci progrediuntur, scilicet ab ariete in taurum, a tauro in geminos, et sic deinceps incedunt: dicitur *retrogradus* quando Planetae incedere videntur contra ordinem signorum, nempe a cancro in geminos, ab his in taurum, a tauro in arietem, etc.: appellatur denique *stationarius*, si neque secundum signa, neque adversus illa progrediantur; ad idem nempe coeli punctum referuntur perinde ac si quiete potirentur. His positis, en praecipua argumenta, quae Copernicani Systematis veritatem adstruunt.

1097. 1.° Ex observationibus constat, Planetas inferiores, Mercurium scilicet ac Venerem, numquam inspici in oppositione cum Sole; nempe numquam Tellurem medium locum occupare inter Solem et duos Planetas inferiores; Mercurins namque, postquam ab eo digressus est gradibus 28, et Venus gradibus 48, iterum cum eo in conjunctionem veniunt; atqui haec omnia locum non haberent, si circa Tellurem, non vero circa Solem, hi duo Planetae volverentur: si namque suam orbitam circa Tellurem conficerent, nobis in medio positis Soli aliquando oppositos sese videndos praeberent; ergo hi duo Planetae circa Solem volvuntur, ut statuit Copernicus, non vero circa Tellurem. 2.° Praeterea Veneris discus, uti liquet ex mensura ejus diametri apparentis, major perspicitur, ubi in conjunctione inferiori hic Planeta invenitur, quam ubi est in conjunctione superiorl. Undenam hoc, nisi ex eo quod in primo casu ad Terram proxime accedit, in altero vero ab ea magis recedit? Indicium certissimum, tam Mercurium, quam Venerem circa Solem

ita deduci, ut a terricolis nunc supra, nunc infra illum conspiciantur. 3.° Sed Veneris circa Solem conversio a phasibus, quibus subjicitur, evidentissime evincitur. Hic Planeta namque a conjunctione inferiori recedendo, ut nuper diximus, apparet falcatus, deinde pleno lumine fulget, tum apparet gibbus, denique iterum falcatus. Figura 10. exhibet Veneris phases. Sit Tellus in T, Sol in S, et Venus in V, nempe in conjunctione inferiori: evidens est, ibi esse nobis inconspicuam, quippe quae suum discum obscurum nobis opponit, et aliquando reipsa evenit, ut in Solis disco appareat veluti punctum nigrum; ubi autem transit a V in V', apparet falcata, donec in V'', in conjunctione nempe superiori existens pleno lumine splendet; deinde ab hoc puncto versus V''' recedens apparet gibba, deinde iterum falcata, et sic deinceps. Idem de Mercurio observatum est; quamvis enim, ob suam in radiis solaribus demersionem, nudis oculis plerumque suam formam eripiat, ex diligenti tamen et patienti Astronomorum labore iisdem phasibus potiri conspicitur, ita ut nunc bisectus appareat, nunc falcatus.

1098. 4. Reliqui Planetae, Mars nempe, Jupiter, Saturnus, etc. statis temporibus apparent in conjunctione superiore cum Sole, aliquando sunt eidem oppositi, aliquando certis gradibus ab eodem dissiti; nunquam vero in conjunctione inferiori videntur; eodem semper lumine fulgent, tam in conjunctione, quam in oppositione: magnitudinem sui exhibent pro variis distantiis inaequalem; ubi namque in punctis Soli oppositis reperiuntur, majores apparent, quam alibi: denique aliquando se mutuo tegunt, ut evadant inconspicui; anno, ex. gr., 1591 Jupiter a Marte opertus apparuit, et anno 1598 Saturnus a Jove. Ex his observationibus evidenter liquet, 1.° orbitas Martis, Jovis, Saturni, etc. Solem habere pro centro, minime vero Tellurem; alias enim hi Planetae numquam Soli opponerentur, nec pleno lumine semper coruscarent, sed iisdem Mercurii et Veneris phasibus subjicerentur: 2.° si eorum diameter major apparet eo tempore, quo Soli opponuntur, minor vero, ubi cum Sole superius conjunguntur; infertur, in primo casu eos esse Telluri proximiores, in altero vero esse ab ea remotiores; adeoque circa Solem, non vero circa Tellurem, moveri: 3.° si Jupiter a Marte occultatur, et a Jove Saturnus, sequitur Martem esse Telluri viciniorem, Jovem vero et Saturnum esse ab ea remotiores: nam qui ab aliis obtegitur, altior illis esse debet. Atqui haec omnia phaenomena in Systemate Copernicano perlucide explicantur; ergo admittendum est hoc Systema.

1099. Non inficiamur, inquient aliqui, ex his observationibus recte inferri, Planetas omnes circa Solem, tamquam centrum, suas orbitas perficere; at negamus idem de Tellure affirmari posse, quum id sensuum testimonio sit omnino contrarium: fieri autem potest,

ut dum reliqui Planetae circa Solem vertuntur, Sol ipse cum sua Planetarum militia circa immotam Tellurem convertatur. Ita reipsa ratiocinatus est Tycho Brahaeus, qui, ut diximus (1094), statuit Tellurem in Mundi centro immobilem consistere, et Solem primariorum Planetarum satellitio stipatum circa illam converti. At hoc Tychonis Systema cum praecipuis Naturae legibus pugnat. Praeterquam enim quod nemo adhuc extitit tam perspicacis ingenii, qui cum Naturae legibus componere potuerit tam varios, tamque diversos, ut hic supponitur, in uno eodemque Planeta motus; qui nempe explicare potuerit qua ratione Planeta uno eodemque tempore et progrediatur ab ortu in occasum, et ab occasu in ortum circumferatur; omnibus manifestum est, attractionis legem (quam supra (1088) vidimus esse in directa massarum ratione) omnia rationum momenta destruere, quae Systematis Copernicani osores ad suas opiniones tuendas in medium proferunt. Et re quidem vera, quum corpora omnia, quae circa centrum aliquod volvuntur ex viribus centralibus, se mutuo petant ea vi, quae sit in ratione directa massarum (264,3); quumqueTelluris massa fere minima sit respectu massae Solis; illa namque est ad istam ut 1:1400000 (1074); nemo non videt, Tellurem circa Solem, minime vero hunc circa illam, circumferri debere. Quisnam autem sanae mentis credet, corpus tam ingens, uti est Sol relate ad Tellurem, non modo circumferri circa hanc atomum, quae ab homine in Sole posito prorsus discerni nequiret; verum etiam in hoc suo motu secum ducere reliquos Planetas, qui ab eo lucem et calorem mutuantur, quorum tres sunt singuli nostra Tellure multo grandiores? Hoc autem ad quid? Non alia assignari posset ratio, nisi ut diversa producerentur anni tempora; hoc namque est phaenomenon, ad quod explicandum requiritur motus annuus Solis, juxta Ptolomaeum et Tychonem. Quumque haec facillime et simplicissima ratione explicentur ex conversione Telluris circa Solem, ut postea dicturi sumus; simplicitas, quae in omnibus Naturae operibus splendet, innuit, summam injuriam ejus Auctori inferre illum, qui cogitaret, Deum ad diversa anni tempora producenda elegisse contra Leges physicas a se statutas annuam conversionem plurium corporum coelestium ingentis massae circa corpus minimae molis; elegisse scilicet conversionem Solis, Planetarum, Satellitum et Cometarum circa Tellurem, quum eumdem effectum ex conversione unius eorum, nempe Telluris, circa Solem obtinere potuisset! Id obstinato animo asserere esset revera in re seria ludere velle.

1100. Accedit analogiae argumentum. Si enim circa Tellurem vertitur Luna minor; si circa Jovem, Saturnum, ac Uranum volvuntur Satellites centrali corpore minores; si Planetae omnes, ne exceptis quidem illis, qui Telluris volumen permultum exsupe-

rant, nempe Jupiter, Saturnus et Uranus, circa Solem ipsis majorem constanter feruntur; nulla assignari potest ratio, cur eorum alter, Tellus scilicet, omnium fere minima, Tellus, inquam, quae, ut reliqui Planetae, est in aere pendula, est corpus opacum, cujus figura est sphaerae similis, a lege cui omnes obediunt se subducere debeat.

1101. His omnibus accedit, quod Planetarum *stationes* et *retrogradationes* in nullo alio Systemate, quam in Copernicano, feliciter ac dilucide explicari possunt. Planetas omnes ab occasu in ortum moveri jam vidimus;at tantum abest,ut hi in suis motibus quamdam legem constantem sequi conspiciantur, ut potius quandoque celerius, quandoque tardius incedere videantur: modo *directi* apparent, nempe ab occidente versus orientem moventur; modo dato temporis intervallo cursum sistunt, nempe *stationarii* sunt; modo denique cursum contra signorum ordinem mutare cernuntur, scilicet *retrogradi* videntur. Has Planetarum stationes ac retrogradationes non esse, nisi apparentes, facile confitebitur quisquis negare non audebit haec omnia primariis motus legibus directe repugnare. Planetarum enim motus nonnisi ex quadam impulsione quam primitus a Creatore acceperunt, oriri potuit; atqui ex unica impulsione unam tantum directionem generari cuique obvium est; undenam igitur directiones prorsus contrariae identidem proveniunt? Cur, impulsione sequuta, et incepto motu qui inde oritur, hic motus identidem, et absque stabili lege quandoque fit celerior, aliquando tardior, aliquando demum cessat, deinde vero post aliquod temporis spatium iterum incipit?

1102. Haec omnia, quibus explicandis perperam insudarunt veteres Astronomi, ex sola combinatione annui motus Telluris circa Solem, et diversae Planetarum distantiae a centro communi cum eorum motibus circa idem centrum commune, scilicet Solem, facillime explanantur. Et re quidem vera, quum Planetae inferiores (1096) sint Soli proximiores, et Tellus magis ab eo distet, evidens est, hanc tardius, illos celerius suam orbitam circa Solem describere debere (et reipsa, ut inferius videbimus, Mercurius mensibus fere tribus, Venus mensibus octo, Tellus mensibus duodecim suam periodum absolvunt); hinc fit ut dum Tellus, ex. gr., semel suum cursum conficit, Mercurius quater suam orbitam percurrat. Ut hoc concipias, ad Figuram 11m oculos conjice. Ponamus, Mercurium per circulum *abcdef* suum iter agere, dum interim Tellus percurrit suae orbitae quadrantem ABCDEF. Ubi Tellus existit in puncto A, et Mercurius in puncto *a* suae orbitae, hic apparebit in coeli stelliferi puncto a', ex. gr., prope ♈ signum: ubi autem Tellus pervenit in B, et Mercurius in *b*, recta visualis Aaa', quae in punctum a' collineabat, mutatur in aliam Bbb' ad punctum b' de-

sinentem; hinc Mercurius videtur *directe* procedere ab ♈ in ♉ secundum signorum ordinem, ideoque dicitur *directus*. Tellus a B in C pergat, et Mercurius a b in c; linea Ccb' ad idem punctum b' appellit, cui respondebat alia Bbb', ita ut quiescere Mercurius videatur; tunc autem *stationarius* dicitur. Contendat Tellus a C in D, et Mercurius a c in d'; recta Ddd' protenditur in situm d'; hinc judicamus Mercurium regredi per arcum $f'b'd'$ a ♊ in ♉ contra signorum ordinem, et *retrogradum* illum dicimus. Denique si Mercurius progrediatur ex d in e, et Tellus describat arcum DE, Mercurius iterum *stationarius* apparebit in d', linea namque visualis Eed' ad eamdem Stellam d' revocatur; quando Tellus ab E in F promovetur, et Mercurius ab e in f, fiet ut hic iterum *directus* inspiciatur sub zodiaco in f'; linea namque Fff' secundum signorum ♉ et ♊ ordinem per arcum $d'b'f'$ Planetam in punctum f' confert. Quod de Mercurio diximus, idem in Venere omnino obtinet: observandum tamen, stationes et retrogradationes frequentius fieri in Mercurio, quam in Venere; quum enim in arctiore orbita ille detineatur, et suam periodum celerius absolvat, crebrius delabitur inter Solem et Tellurem.

1103. Exponamus nunc *superiorum* Planetarum *stationes, directiones*, atque *retrogradationes*. Tellus nimirum in A orbitam ABCDEF circa Solem percurrat (Fig. 12), et Mars, ex. gr., circulum *abcdef*: puncta a', b', c', d' arcum zodiaci exhibeant. Scimus celerius Tellurem a puncto A in B, C, D, E, F festinare, Martem vero tardius properare a puncto a in b, c, d, e, f. Ubi itaque Tellus est in A, et Mars in a, Martem videmus puncto zodiaci a' respondentem: dum Tellus ex A in B progreditur, Mars arcum ab percurrit; hinc a spectatore terrestri refertur ad zodiaci punctum c', et videtur *directe* procedere juxta signorum ordinem ab ♈ versus ♉. Dum Mars perget in c, Tellus describet arcum BC; tunc Mars *stationarius* videbitur, observabitur nempe aeque ac si toto illo temporis intervallo firmus stetisset in eodem zodiaci puncto c'. Si postea Tellus transibit in D, et Planeta in d, hic conspicuus fiet sub linea visuali Ddb' in puncto zodiaci b', adeoque videbimus illum contra signorum ordinem ex ♉ in ♈ progredi, seu esse *retrogradum*: denique si Tellus sit in E, et Mars in e, hic iterum videbitur *stationarius* in b': demum quum Tellus a puncto E in F pervenerit, et Mars in f, ipse conspicietur in d': iterum ergo signorum ordinem sequutus fuisse videbitur, nempe in suo motu iterum *directe* processisse (1). Quod

(1) Ut ea, quae diximus, facilius concipiantur, libet hic afferre similitudinem, quam ad hanc veritatem illustrandam affert D. Cagnoli, Cap. XVIII, n. 350, et seq. «Per intendere, «ait ille», come avvenga che li miriamo or procedere ed or retrocedere, non incresca al lettore trar della tasca l'oriuolo; e postoselo innanzi sur un tavolino, per guisa che l'indice de' minuti sia volto direttamente contro di lui, osservi

in Marte observavimus, commune est etiam Jovi, Saturno, ac Urano; in nullo alio enim differunt, nisi quod stationes et regressus in Urano crebriores sunt, quam in Saturno: frequentiores in Saturno quam in Jove, in Jove quam in Marte (1). Quae omnes Planetarum tum stationes et retrogradationes, tum motus et celeritatis variationes, si spectator in Sole existeret, nullo modo locum haberent; tunc enim Planetas circa illum semper directe circumferri conspiceret ea prorsus ratione, qua Luna nobis conspiciendam se praebet, quam nullo umquam tempore retrogradam, seu stationariam fuisse compertum est. Neque haec phaenomena pari modo evenirent, si Planetae circa Tellurem volverentur, ut existimabat Ptolomaeus: hinc tam certum est, quam quod certissimum, Tellurem, aeque ac Planetae omnes, circa Solem suam periodum conficere.

1104. Scio equidem, Ptolomaeum et Tychonem, ut haec phaenomena explicarent, plures circulos, quos *deferentes, epicyclos, homocentrepicyclos, excentrepicyclos, aequantes* vocabant, excogitasse, circa quos Planetarum orbitas componi dicebant ex totidem epicyclis, seu lineis flexuosis, quae orbes in se non redeuntes facerent; in quorum parte superiori Planetae incedentes, apparebant *directi*, in inferiori parte *retrogradi*; descendentes autem a parte superiori ad

come quell'indice avanza dalla sinistra, per lo spazio d'un quarto d'ora; poi seguitando il suo giro, si va a poco a poco volgendo verso la destra, ed a quella più e più s'innoltra e s'indirizza per il corso di mezz'ora; trapassata la quale, va di nuovo mutando la sua direzione, e tenendo quella da dritta a manca per altrettanto tempo; e così a vicenda mai sempre. Or ponghiamo che il centro della mostra sia il sole, la punta dell'ago de' minuti sia Venere o Mercurio, e l'occhio del paziente lettor sia la terra; che con tal ordine appunto stanno le cose nella natura... Se questo è fermo, siccome è il centro della mostra, cessa ogni maraviglia al vederli andare or da destra a sinistra, ed or da sinistra a destra; poichè non ha pur sembiante di così fare la punta dell'indice dell'oriuolo, sebbene in fatto ella vada continuamente innanzi e non retroceda mai. Or queste apparenze succederannosi parimente, ma sol con più larghi intervalli, se il riguardante cammini attorno al tavolino, seguitando a rilento il moto dell'ago, sicchè questo il raggiunga e trapassi, a quella guisa che, giusta il Copernico, la terra si muove d'intorno al sole, pel medesimo verso e con minore celerità di Mercurio e di Venere.

(1) Duplex notandum est discrimen inter Planetarum Superiorum retrogradationes. 1.° Eo sunt crebriores, quo magis a Sole distant Planetae: 2.° arcus retrogradationis majores sunt in Planetis Soli vicinioribus, nempe in Marte, quam in Jove etc. Primi discriminis ratio facile intelligitur. Toties enim Planeta superior videri debet retrogradus, quoties Terra Solem inter et Planetam transit; porro Terra saepius intercurrit Solem inter et Saturnum, quam Solem inter et Jovem. Saturnus quippe suam periodum lentius absolvit quam Jupiter; necesse est igitur ut Terra saepius assequatur Saturnum quam Jovem, et Jovem quam Martem. Secundi discriminis obvia est ratio; arcus retrogradationis Planetae est arcus *c'b'*, qui metitur angulum *cxb'* alterumque ipsi oppositum et aequalem *exb*. Jam vero angulus ille *exb* major est in Marte, quam in Jove; quippe eo major est angulus, quo ipsius apex est basi propior; atqui apex anguli retrogradationis in Marte propior est basi *e b* quam apex anguli retrogradationis in Jove et Saturno, siquidem Terrae vicinior est, quam Jupiter et Saturnus.

inferiorem, vel ab hac ad illam ascendentes, videbantur *stationarii*: sed quum hi omnes circuli gratis fingantur, nec his viis intricatissimis gradiatur simplicissima Natura ; nemo non videt id non esse, nisi purum putidumque commentum inter aniles fabellas omnino rejiciendum. E contrario, quid simplicius, coelestibusque phaenomenis explicandis aptius Systemate Copernicano? Tribus quippe, iisque simplicissimis principiis nititur hoc Systema ; nempe 1.° Tellus est Planeta ; 2.° quilibet Planeta circa proprium axem, et circa centrum sui motus ex quadam impulsione, quam a Creatore accepit, movetur ; 3.° omne corpus coeleste versus reliqua ex sua gravitate tendit. Ex tribus his principiis nullum est, quod Physicae legibus non sit maxime consentaneum : et ea, quae postea dicentur, bujus Systematis veritatem magis magisque confirmabunt.

1105. Tellus igitur, juxta Copernicum, non punctum aliquod fictitium circuit, sed Solem, corpus nempe adeo immane et ingens, ut ex praepotenti suae attractionis vi omnes Planetas in orbitis, quas circa illum describunt, continere valeat, quin ipsi per lineas rectas longius excurrere possint, id quod ex prima impulsione ipsis contingere deberet. Quilibet Planeta per orbitam sibi propriam graditur ; eaque unica est pro singulis Planetis; nec ad eorum motus explicandos opus est, ut ad plures fictitias et chimaericas sphaeras confugiamus. In hoc Systemate nullo negotio intelligitur, Planetas a Sole remotiores majus temporis intervallum in sua orbita describenda impendere; quo enim amplior est orbita, longiori tempore a Planeta percurritur : in Systemate autem Ptolemaico singula corpora coelestia intra horas 24 circa Tellurem volvuntur, sive viciniora, sive remotiora illa sint, ne exceptis quidem Stellis fixis, quarum distantia est maxime ingens; quid absurdius? Quod autem Tellus duos simul peragat motus, nempe motum vertiginis circa proprium axem, et motum annuum circa Solem, praeterquam quod haec hypothesis nullam involvit contradictionem; cur de hac veritate dubitabimus, quum certum sit, Venerem, Martem, Iovem etc. iisdem motibus subjici, et ejusdem motus speciem jugiter nobis exhiberi in motibus tum rotarum plaustri, tum pilae lusoriae, quas duplici motu, nempe vertiginis circa proprium axem, et directionis qua impelluntur, instrui, nemo non videt? Motus igitur annuus nostrae Telluris tot, tantisque rationibus fulcitur tum congruentiae, tum analogiae, tum admirabilis simplicitatis, qua omnia coelestia phaenomena enodantur, ut emotae mentis oporteat illum esse, qui ejus evidentiam physicam adhuc impugnare auderet.

1106. Ut hanc veritatem tot perspicuis argumentis demonstratam infirmarent Ptolemaici et Tychonici, inter alia permulta objiciebant, non posse Tellurem circa Solem moveri, quin fieret Stellis fixis quandoque propior, quandoque remotior; ex. gr., ubi in

Cancri signo versaretur, tota suae orbitae diametro(nempe milliaribus circiter 164 000 000) vicinior fieret Stellis septentrionalibus, quam ubi versabatur in signo Capricorni ; adeoque illae modo majores nobis viderentur, ut evenit in Planetis, qui diversae magnitudinis apparent , prout magis vel minus a nobis distant ; atqui Stellae quovis anni tempore ejusdem magnitudinis semper videntur ; ergo motus Telluris est mere fictitius. At inepte omnino : quamvis enim tanta sit Telluris a Sole distantia , ut ex hoc spectata Tellus fere ut minutum aliquod punctum videretur, ea tamen distantia ad Stellarum fixarum distantiam comparata , adeo exigua habenda est, ut si orbita Telluris e Stellis fixis conspici posset, nonnisi ut punctum appareret, ut diximus supra (1072) ; angulus enim, sub quo orbitae diameter ex Stella fixa videtur, tam exiguus est, ut ab Astronomis acutissimis vix observari potuerit; *parallaxim orbis annui* iidem Astronomi semper uno minuto primo minorem deprehenderunt, unde intuleruut Stellas fixas fulgentiores ad minus 208000 vicibus a nobis longius distare, quam nos a Sole distamus. Hinc sequitur , quod quamvis Tellus ad aliquas Stellas propius uno anni tempore accedat, quam in opposito, idque intervallo diametri orbis sui , nempe milliariorum 164000000 , non tamen Stellae hujusmodi majores apparebunt, neque ulla fiet apparentis intervalli inter duas quasvis Stellas sensibilis mutatio propter diversas spectatoris positiones. Quemadmodum enim , inquit Keillius (Lect. V.), si fueriut iu Terrae superficie duae turres sibi invicem propiuquae, et spectator ab iis distans spatio viginti mille passuum, uno tantum passu situm suum mutaret, ad ipsas accedendo, nec turres magnitudine auctas, nec a se invicem longius dissitas conspiceret, tantillo spatio propius admotus: ita pariter, quum Tellus uno anni tempore tantum per vicesimam millesimam suae distautiae partem ad Fixam aliquam accedat, quam in opposito, nulla sensibilis tum situs , tum magnitudinis in Stella oriri potest mutatio.

1107. Sunt denique , quibus gravem injiciunt scrupulum nonnulla Sacrae Scripturae loca, quae Systemati Copernicano videntur adversari. Nam in Sacri Eloquii paginis Tellus passim exhibetur ut quiescens et immota; ex.gr., « *Generatio praeterit, generatio ad-« venit ; terra autem in aeternum stat* (1) : *Qui fundasti terram super « stabilitatem suam, non inclinabitur in saeculum saeculi* (2). Sol mo-« veri dicitur : *Oritur Sol, et occidit , et ad locum suum revertitur*; « *ibique renascens, gyrat per meridiem, et flectitur ad aquilonem*...(3). « Sol.. *exultavit ut gigas ad currendam viam* (4). *Sol, contra Gabaon*

(1) Eccl. Cap. 1. v. 3.
(2) Psalm. 103. v. 6.
(3) Eccl. Cap. 1. v. 4.
(4) Psalm. 18, v.6.

« *ne movearis, et Luna contra vallem Ajalon..stetit itaque Sol in medio* « *coeli*(1)».Verum meminisse debent meticulosi isti homines, illud esse Sacris Scriptoribus familiare, ut in iis, quae ad fidem bonosque mores non pertinent, suam loquendi rationem ad vulgi captum se attemperent, atque uti sensibus objicitur, juxta S. Augustinum (2):«*Sic loquitur Scriptura, ut homines vulgo loquuntur, et mente concipiunt*»; ejusque rei rationem assignat (3) : «*Non legitur in* « *Evangelio Dominum dixisse: Mitto vobis Paraclitum, qui vos doceat de* « *cursu Solis et Lunae*; *Christianos enim volebat facere*, *non Mathe-* « *maticos* » (4). Quod autem attinet ad factum Iosue, quid mirum si ad vulgarem loquendi modum ille se se accommodaverit, si ipsi Astronomi frequenter ajunt et scribunt Solem oriri et occidere, declinare modo versus septentrionem, modo versus meridiem? Etiamsi igitur persuasum habuisset Iosue, Solem stare, translatumque ab ortu ad occasum non videri, nisi propter Telluris circa suum axem ab occasu in ortum conversionem, quis eum intellexisset sic imperantem : *Terra, circa tuum axem ne movearis?* Nonne sic loquens audientium ludibrio se se exposuisset, et cachinnis impetitus fuisset? Pro certo, atque indubio igitur teneamus, Scripturas fateri Tellurem sistere et Solem cieri, quia in conspectu ea reapse ita eveniunt, nullamque patiuntur sensuum dubitationem.

1108.Praejactis hoc modo fundamentis, quibus Copernicani Systematis theoria superstruitur, omnia recentis Astronomiae principia facile intelligere pronum erit. Inquirendum igitur est 1.° an Planetae eodem, vel diverso temporis intervallo circa Solem suas orbitas describant; 2.° quae sit eorum a Sole distantia; 3.° an orbi-

(1) Iosue, Cap. 10. v. 15.
(2) August. *De Genesi ad lit. c. 9.*
(3) August. *Lib. X contra Faust. Manich.*
(4) En quomodo ipse Galilaeus huic objectioni respondet: Dalle quali cose discendendo più al nostro particolare, ne seguita, per necessaria conseguenza, che non avendo voluto lo Spirito Santo insegnarci, se il Cielo si muova o stia fermo, nè se la sua figura sia in forma di sfera o di disco, o distesa in piano, nè se la terra sia contenuta nel centro di esso, o da una banda; non avrà manco avuta intenzione di renderci certi d' altre conclusioni dello stesso genere, e collegate in maniera con le pur ora nominate, che senza la determinazione di esse, non se ne può asserir questa, o quella parte, quali sono, il determinar del moto e della quiete di essa terra e del sole.

E se l'istesso Spirito Santo a bello studio ha pretermesso d' insegnarci simili proposizioni, come nulla attenenti alla sua intenzione, cioè alla nostra salute; come si potrà adesso affermare, che il tener di essere questa parte e non quella, sia tanto necessario, che l' una sia *de Fide*, e l' altra erronea? Potrà dunque essere una opinione eretica, e nulla concernente alla salute dell' anime? o potrà dirsi averlo Spirito Santo voluto non insegnarci cosa concernente alla salute? Io qui direi quello che intesi da persona ecclesiastica constituita in eminentissimo grado, cioè l' intenzione dello Spirito Santo essere d' insegnarci come si vadi al cielo, e non come vadi il cielo: *Spiritui Sancto mentem fuisse nos docere, quomodo ad coelum eatur, non quomodo coelum gradiatur*. Galil. Galil. *Lettera alla Seren. Grand. Madre.*

tae, quas describunt, sint circulares, et in eodem plano existant, ut Figura exhibet, nec ne; de quibus omnibus agemus in sequentibus articulis.

ARTICULUS PRIMUS

DE ANNIS PLANETARIIS, SEU DE TEMPORIBUS PERIODICIS, QUIBUS CIRCA SOLEM PLANETAE MOVENTUR.

1109. Iam vidimus (1086), ex motu Telluris diurno circa proprium axem ab occasu in ortum fieri, ut Stellae fixae, quamvis eamdem semper inter se distantiae rationem servent, nobis ab ortu in occasum quotidie moveri videantur. At idem absolute dici nequit de Planetis, quia hi etsi ex eadem caussa motus Telluris etiam quotidie ab ortu in occasum moveri videantur, non eamdem tamen semper servant situs rationem, atque distantiam cum Stellis fixis. Si pluribus noctibus sibi succedentibus oculos in coelum attollas, videbis profecto singulos Planetas motu sibi proprio, ac diversa celeritate ab occasu in ortum cieri; videbis scilicet unumquemque illorum sensim accedere ad Stellas fixas sinistorsum positas, et recedere ab illis, quae dextrorsum existunt; id quod quum sine intermissione fiat circa Solem, donec idem Planeta, post aliquod temporis intervallum, ad eamdem situs directionem, in qua pro prima vice illum observasti, regressus fuerit; evidens est, Planetas orbem circa Solem, tamquam sui motus centrum, intra datum temporis intervallum conficere. Tempus, quod Planeta in conficienda integra circa Solem circuitione impendit, anni longitudinem pro incolis ejusdem Planetae, si qui sunt, constituit; eaque anni longitudo, quae pro diversis Planetis diversissima est, vocatur *annus planetarius*, seu *tempus periodicum*. Nostri instituti non est exponere methodum, qua Astronomi tempus periodicum singulorum Planetarum definierunt: ut autem aliquam ejus ideam animo concipiamus, juvat hic pauca delibare. Quum Stellae fixae eamdem semper servent inter se distantiae rationem, Planetae autem illam mutent, ab occasu in ortum procedendo; facile patet, spatium quod Planeta circa centrum sui motus, scilicet circa Solem, percurrit, erui posse, si eumdem Planetam in aliquo suae periodi momento ad Stellam fixam referamus; deinde successive illum observemus, donec, integra conversione peracta, in ejusdem Stellae fixae directionem redeat, in qua illum observavimus. Hujus periodi duratio *conversio siderea* vocatur, quia Planeta ad sidus, seu Stellam aliquam refertur.

1110. Ut autem clarius procedatur, sciendum est, tres anni species,

relate ad nostram Tellurem, distingui, 1.° nempe *annum*, seu *conversionem tropicam*, estque illud temporis intervallum, quo Sol (vel potius Terra) eclipticam percurrit, qua conversione peracta, tempestates eaedem redeunt. Hujus anni duratio invenitur constare 365$^{d.}$, 5$^{h.}$, 48′, 57″: 2° *annum* seu *conversionem sideream*, illud scilicet temporis spatium, quo Sol (apparenter) ad eamdem Fixam regreditur, estque 365$^{d.}$, 6$^{h.}$, 9′, 13″; adeoque annum tropicum minutis 50″ excedit: nam ob praecessionem aequinoctiorum, de qua inferius loquemur, vi cujus puncta aequinoctialia quotannis minutis 50″ regrediuntur, Solique obviam eunt, Sol prius aequinoctio occurrit, quam totum circulum, seu orbitam absolverit: 3.° *annum* seu *conversionem anomalisticam*, vel *periodicam*, quae est tempus reversionis ad *apsidem* (1093), estque dierum 365, 6$^{h.}$, 13′, 54″. Quum enim perigeum convertatur secundum ordinem signorum, Tellus ab hoc puncto proficiscens et ad eamdem deveniens longitudinem, non invenitur item in perigeo, nisi postquam ulterius descripsit arcum minutorum 61″, 76‴; adeoque conversio anomalistica, seu reversio ad apsidem, excedit annum tropicum minutis 25′, 7″, et annum sidereum minutis 4′, 43″. Quod autem ad Planetas attinet, eorum *conversio siderea* est tempus, intra quod Planeta revertitur ad suam conjunctionem cum aliquo sidere; *conversio periodica* est tempus, intra quod Planeta ad eamdem longitudinem revertitur, estque minor conversione siderea illo temporis intervallo, quo signum arietis describit arcum praecessionis; denique *conversio synodica* est tempus, quo Planeta ad eamdem revertitur positionem relate ad Solem et Tellurem.

1111. Ut intelligatur qua ratione periodum conversionis Planetarum investigaverint Astronomi, ponamus Planetam aliquem, Jovem ex. gr., esse in oppositione cum Sole, dum initio suae conversionis sidereae a Terra ad idem coeli punctum cum Stella aliqua refertur; si idem Planeta, integra conversione peracta, ad idem punctum oppositionis cum Sole rediret, nihil facilius, nihil accuratius, quam tempus hujus conversionis innotescere posset. Id autem admodum raro, et nonnisi multis post annis, imo saeculis evenit; quum enim Tellus in sua conversione circa Solem conficienda diversum temporis intervallum impendat ac singuli Planetae, evidens est, Tellurem, Solem, Jovem, ac Stellam, ad quam Jupiter refertur, tunc solum in eadem directione iterum inveniri, quum numerus conversionum Jovis adamussim exaequet datum numerum annorum nostrae Telluris, id quod raro evenire nemo qui parum Arithmeticae litavit non videt. Hinc ad duas conjunctiones vel oppositiones ejusdem Planetae, quae inter se pluribus saeculis distarent, confugiendum esse existimarunt Astronomi; ita ut Planeta intra illud temporis longum intervallum pluries suas conversiones confecerit;

in hoc enim casu error ortus ex supputatione proportionis, quam illi adhibent pro referenda prima et ultima observatione ad idem coeli punctum, inter omnes intermedias Planetae periodos partitur, evenitque, ut in unius anni periodo hic error sit nullius momenti, et pene negligendus.

1112. Hac methodo, aliisque permultis, quae juvenum captum superant, Astronomi durationem annorum pro singulis Planetis ita accurate definierunt, ut etiam minuta secunda subdividere ipsis datum fuerit. Spectator igitur, qui in Sole positus foret, cerneret Planetas circa hunc converti, et regredi in conjunctionem cum aliqua Stella fixa, ad quam referretur, intra sequentes periodos, nempe:

PLANETARUM NOMINA	CONVERSIO SIDEREA		
Mercurius	in	87d	, 96927.
Venus	in	224	, 70337.
Tellus	in	365	, 25637.
Mars	in	686	, 97964.
Flora	in	1193	, 008.
Victoria	in	1303	, 133.
Vesta	in	1325	, 485.
Iris	in	1345	, 352.
Metis	in	1346	, 472.
Hebe	in	1380	, 493.
Parthenope	in	1392	, 101.
Aegeria	in	1483	, 346.
Astraea	in	1510	, 811.
Juno	in	1593	, 068.
Ceres	in	1684	, 723.
Pallas	in	1686	, 305.
Igaea	in	2074	, 895.
Jupiter	in	4332	, 58482.
Saturnus	in	10759	, 21981.
Uranus	in	30686	, 823.
Neptunus	in	60625	, 02

ita ut si singulis mensibus dies assignemus, statuere possimus, om-

nes Planetas intra tempora, quae sequuntur, suas periodos absolvere, scilicet

		an.	mens.	dies.
Mercurium	intra	0,	2,	28 circiter
Venerem	intra	0,	7,	14 circ.
Tellurem	intra	0,	12,	00
Martem	intra	1,	10,	22 circ.
Floram	intra	3,	3,	23 circ.
Victoriam	intra	3,	7,	13 circ.
Vestam	inira	3,	8,	5 circ.
Iridem	intra	3,	8,	25 circ.
Metim	intra	3,	8,	26 circ.
Hebem	intra	3,	10,	00 circ.
Parthenopem	intra	3,	10,	12 circ.
Ægeriam	intra	4,	1,	13 circ.
Astraeam	intra	4,	2,	10 circ.
Junonem	intra	4,	4,	13 circ.
Cererem	intra	4,	7,	11 circ.
Palladem	intra	4,	7,	13 circ.
Igaeam	intra	5,	9,	04 circ.
Jovem	intra	11,	10,	17 circ.
Saturnum	intra	29,	5,	24 circ.
Uranum	intra	84,	0,	28 circ.
Neptunum	intra	202,	0,	25 circ.

ARTICULUS SECUNDUS

DE PLANETARUM A SOLE DISTANTIIS.

1113. Invento tempore periodico singulorum Planetarum, nullo negotio definiuntur eorum distantiae tam a Sole, quam a Tellure. Quum enim certum sit, Planetam aliquem, expleto tempore periodico suae conversionis, per idem coeli punctum transire debere, in quo illum in ejusdem conversionis initio observavimus, sive in conjunctione, sive in oppositione ille fuerit; quumque ob Telluris motum Planeta admodum raro in eodem coeli puncto observetur, in quo observatum fuit in suae conversionis initio (1111); manifestum est, Tellurem, Solem ac Planetam in hoc casu non esse in eadem linea recta: hinc lineae visuales inter ipsa invicem ductae triangulum constituunt. Ex his tribus lineis illa, quae a Tellure ad Solem ducitur, nota est (1069); haec igitur assumitur pro basi, ut reliquae duae erui possint. Anguli, qui ad hanc basim efficiuntur, etiam dimetiri possunt; nam angulus ad Tellurem efficitur ex duabus lineis, quae a Tellure ad Solem et ad Planetam mente ducuntur; angu-

lus ad Solem efficitur ex lineis a Sole ad Tellurem, et Planetam ductis (1); ex simplici igitur trigonometrica supputatione innotescent reliqua duo trianguli latera, quae sunt distantiae quaesitae, scilicet distantia Planetae a Tellure, et a Sole.

1114. Hujus regulae ope Astronomi initium anni planetarii singulorum Planetarum ex eorum conjunctionibus cum Sole sumentes, eorumdem distantias a Sole definierunt: quumque hae in variis orbitarum punctis inaequales compertae fuerint, multiplicatis observationibus et supputationibus distantiam *maximam* et *minimam* determinarunt; ex quibus distantiam *mediam* statim eruerunt, duas distantias simul jungendo, et hujus summae partem dimidiam sumendo. Atque ita ex indubiis principiis, et invictis ratiociniis veras Planetarum a Sole et Tellure distantias statuerunt.

1115. At, bis methodis posthabitis, sagacissimus Joannes Keplerus omnium primus detexit immutabilem Legem, quam omnes Mundani Systematis Planetae tum primarii, tum secundarii servant; miram nempe harmoniam et proportionem inter Planetarum tempora, quibus suos circuitus circa Solem absolvunt, et ipsorum a Sole distantias; unde fit, ut, cognitis Planetarum temporibus periodicis, statim eorum a Sole distantiae relativae eruantur. Hanc Legem, ut diximus (262), ita enuntiare solent: *Quadrata temporum periodicorum sunt cubis distantiarum a Sole proportionalia*: quo enim quilibet Planeta Soli propior est, eo citius suam periodum absolvit, et celerius fertur in sua orbita. Ut hanc mirabilem Legem exemplis illustremus, quaeratur ex. gr. distantia media Veneris a Sole. Quum Venus suum circuitum circa Solem intra dies circiter 224 absolvat, Tellus autem intra dies fere 365; quumque Telluris a Sole distantia sit etiam cognita (1071); quaenam erit distantia Veneris a Sole? Statuatur sequens proportio: *Ut quadratum anni terrestris est ad quadratum anni Veneris, ita cubus distantia mediae Telluris est ad quartum terminum*, cujus radix cubica *mediam* Veneris a Sole *distantiam* exhibebit. Ut autem simplicior reddatur supputatio, distantia media Telluris ponitur=1: hac autem methodo etsi non obtineatur *absoluta* distantia Planetarum a Sole, obtinetur tamen eorum distantia *relativa*, numerus scilicet exprimens quoties dati Planetae a Sole distantia est major vel minor distantia Telluris a Sole; ex hac autem distantia relativa nullo negotio distantiam absolutam eruere possumus. Fit igitur

$$(365)^2 : (224)^2 = 1 : x^3 = 0{,}72333,$$

qui numerus distantiam mediam Veneris a Sole cum distantia media Telluris a Sole comparatam indigitabit.

(1) Angulus, qui efficitur ad Tellurem, facile dimetiri potest; at qua ratione obtinetur mensura anguli, qui ad Solem efficitur? Si id scire cupis, adeas Cagnoli, C. 16, n. 316.

Pari modo, quaeratur distantia media Saturni a Sole. Quum Tellus unius anni intervallo, Saturnus autem spatio triginta annorum suos circa Solem circuitus absolvant; quumque $(1)^2 = 1$, et $(30)^2 = 900$; erit $1:900 = 1: x^3 = \frac{900 \times 1}{1} = 900$; ex quo numero extrahendo radicem cubicam, haec erit $= 9\frac{1}{2}$ circiter; id quod innuit, Saturni a Sole distantiam $9\frac{1}{2}$ vicibus distantiam Telluris a Sole superare. Hac methodo confecta fuit sequens Tabula, in qua omnes *distantiae relativae* Planetarum a Sole adnotantur, *assumpta pro unitate distantia media Telluris a Sole; et ita se habent.*

Mercurius distat a Sole .	0,38709
Venus	0,72333
Tellus	1,00000
Mars	1,52369
Flora	2,20139
Victoria	2,33487
Vesta	2,36108
Iris	2,38502
Metis	2,38634
Hebe	2,42637
Parthenope	2,43996
Aegeria	2,54544
Astraea	2,67676
Iuno	2,67081
Ceres	2,76808
Pallas	2,77286
Igaea	3,18369
Iupiter	5,20280
Saturnus	9,53885
Uranus	19,18263
Neptunus	30,20190

Si quis horum numerorum cubos sumat, et quadrata temporum periodicorum, quae antea invenimus (1112), veritatem Legis Keplerianae evidenter perspiciet. Pro memoriae auxilio, si ex his numeris sumantur primae tantum figurae, nempe circiter 4, 7, 10, 15, 22, 23, 23, 23, 23, 24, 24, 25, 26, 26, 27, 27, 31, 52, 95, 191, 302, habebimus quamdam scalam distantias Planetarum a Sole exhibentem, eamque *Legem Dni de Bode* appellant, de qua infra loquemur.

1116. Facile autem, ut nuper diximus, ex his distantiis relati-

vis Planetarum a Sole eruere poteris eorum distantiam absolutam, sumendo distantiam veram Telluris a Sole, quam supra=82 488 000 diximus (1071); et proportionem sequenti principio innixus instituendo: *Distantia relativa Telluris est ad suam veram distantiam a Sole, ut distantia relativa cujuslibet Planetae est ad suam absolutam distantiam a Sole.* Hinc fiet

Dist. relat. Telluris dist. absol. dist. relat. Merc.
100 000 : 82 488 000 milliar. =0,38 709: x=dist. absol.;
et obtinebuntur 31 931 704 milliaria, quibus reipsa Mercurius a Sole distat. Et sic de singulis; unde infertur, distantias absolutas Planetarum a Sole esse sequentes, in numeris rotundis,

Mercurius distat a Sole	32 000 000 milliar.
Venus	60 000 000
Tellus	82 000 000
Mars	126 000 000
Flora	182 000 000
Victoria	193 000 000
Vesta	196 000 000
Iris	198 000 000
Metis	198 000 000
Hebe	201 000 000
Parthenope	202 000 000
Aegeria	211 000 000
Astraea	213 000 000
Iuno	221 000 000
Ceres	229 000 000
Pallas	230 000 000
Igaea	264 000 000
Iupiter	431 000 000
Saturnus	790 000 000
Uranus	1589 000 000
Neptunus	2502 000 000

Quin imo, si numeros simplices scalae superius dictae (1115) in 80 000 000 milliaria ducas, easdem distantias absolutas cum quadam approximatione obtinebis.

1117. Inventis autem mediis Planetarum a Sole distantiis, invenire facillime poteris etiam maximas et minimas distantias eorumdem Planetarum a Tellure. Evidens namque est, Planetas omnes, circa Solem suos circuitus peragendo, nobis esse proximiores ubi citra Solem inveniuntur, esse remotiores a nobis dum ultra eumdem existunt: quocirca, si Tellus, Sol, et Planeta in eadem linea recta concipiantur, differentia duarum distantiarum, Telluris

et Planetae a Sole, exhibebit *distantiam minimam* Planetae a Tellure; earum summa *distantiam maximam* repraesentabit. Ex gr. quum Tellus distet a Sole milliar. fere 82 000 000, Mercurius vero milliaribus 32 000 000, harum distantiarum differentia, nempe 50 000 000, distantiam minimam Mercurii a Tellure exhibebit. Maxima autem distantia ejusdem Planetae a Tellure erit 82 000 000 + 32 000 000 = 114 000 000. In Fig. 13. omnia ad oculum repraesentantur. Sit S Sol, M Mercurius, et T Tellus. Distantia minima Mercurii a Tellure est TS — MS = MT. Distantia maxima est TS + SM′ = TM′. Ex hujus figurae inspectione etiam patet, in Planetis *inferioribus* (1096) minimam a Tellure distantiam haberi, quando in *conjunctione inferiori* inveniuntur; in Planetis vero *superioribus* minimam distantiam haberi, ubi illi sunt in oppositione cum Sole. Distantia minima Iovis I a Tellure T est IS — TS = IT: distantia maxima est TS + SI′: atqui distantia Iovis a Sole est milliar. 431 000 000, distantia Telluris a Sole est milliar. 82 000000; igitur distantia minima Iovis a Tellure erit
431 000 000 — 82 000 000 = 349 000 000;
distantia maxima erit
431 000 000 + 82 000 000 = 513 000 000.

Si hae duae distantiae simul jungantur, et ipsarum pars dimidia sumatur, ut diximus, habebitur etiam distantia *media* Planetae a Tellure.

En harum distantiarum specimen pro grandioribus Planetis.

	Dist. minima	media	maxima
Mercurius . . .	50 000 000	82 000 000	114 000 000,
Venus . . .	22 500 000	82 500 000	140 500 000,
Mars . . .	42 500 000	124 000 000	204 500 000,
Iupiter . .	349 000 000	431 000 000	513 000 000;
Saturnus . .	696 000 000	777 500 000	859 000 000,
Uranus .	1373 500 000	1555 000 080	1636 500 000.

In hac tabula observatu dignum est medias Planetarum inferiorum a Tellure distantias esse aequales distantiae Telluris a Sole; medias vero Planetarum superiorum a Tellure distantias esse circiter aequales distantiis ipsorum a Sole jam memoratis (1116).

ARTICULUS TERTIUS

DE PLANETARUM ORBITIS.

1118. Si Planetae, ut nuper vidimus, in suis circuitionibus circa Solem absolvendis modo magis, modo minus ab illo recedunt, et in distantia tum maxima, tum minima diversis temporibus inveniuntur; prono alveo fluit, orbitam quam circa eumdem perficiunt, esse debere a circulo diversam (1). Ad hujus curvae naturam in quolibet Planeta inquirendam et praecise assignandam, Astronomi ejusdem Planetae motum in singulis suae circuitionis instantibus accurate observaverunt; temporis intervalla, quae inter distantias maximam, mediam et minimam intercedunt, summa diligentia notaverunt; hoc cognito, Planetae celeritatem in diversis orbitae punctis computarunt; aliasque ejusmodi supputationes perfecerunt, ex quibus jure merito statuerunt, *Planetas omnes moveri non in circulis, sed in ellipsibus, in quarum alterutro foco Sol, tamquam commune centrum, positus est* (261). Quum autem ex sublimi Geometria, datis axium longitudine et duorum focorum distantiis, ellipseos peripheria accurate erui possit; nemo non videt qua facilitate iidem Astronomi Planetarum orbitas determinare potuerint. In ejusmodi investigationibus nostri Instituti ratio immorari nos vetat; ut autem aliquam, etsi imperfectam, hujus operationis ideam Juvenes concipiant, methodum, qua Telluris orbitam iidem Astronomi determinarunt, hic subjicimus; quod enim de Tellure, idem de reliquis Planetis verum est.

1119. Ex observationibus innotescit 1.° apparentem Solis diametrum in diversis anni temporibus constanter variare; 2.° motum Solis apparentem minime aequabilem esse, illumque aliquot eclipticae portiones velociori gradu percurrere, in aliis lentius incedere; et speciatim in boreali eclipticae semicirculo describendo Sol octo plures dies impendit, quam dum per australem movetur; id quod non eveniret, si motus Telluris circa Solem aequabilis esset; hoc est, si aequales angulos circa Solem temporibus aequalibus describeret Tellus, motus Solis in ecliptica visus etiam aequabilis esset, ejusque motus diurnus esset constanter 59′, 8″. Praeterea si,

(1) Ante Keplerum quidem communis Astronomorum opinio fuit, Planetas singulos totidem circulos motu aequabili circa Solem describere, quem extra corumdem circulorum centrum in determinata ab eo distantia statuebant. At Keplerus, Tychonis Brahaei observationibus innixus, extra omnem dubitationis aleam posuit, figuram orbitae Planetarum esse ellipsim, motumque Planetae in hac curva non aequabiliter fieri, sed pro sua majori vel minori a Sole distantia intendi et remitti. Sententiam hanc hodie passim omnes Astronomi tenent; id quod, repetitis observationibus, calculoque adhibito, ad evidentiam confirmari ipsis tam certum est, quam quod certissimum.

quotidie observationibus factis, exploretur motus Solis apparens in ecliptica, in aliquibus diebus deprehendetur minuta 61′ adaequare, in aliis vero minuta 57′ non excedere. Hinc evidenter liquet, Solem S (Fig. 9.) non aequaliter a Tellure T in singulis suae orbitae punctis distare. Axis ellipseos TT′ est *linea apsidum*; T′ *summa apsis*, *aphelium* seu *apogeum*; T *ima apsis*, *perihelium seu perigeum*; SC distantia inter Solem et centrum ellipseos *excentricitas* vocatur. Si ex centro C ad axem erigatur perpendicularis CD ellipsi occurrens in D, et ducatur SD, haec linea dicitur *distantia media Planetae* a Sole. Prope solstitium brumale, Tellus reperitur in minima a Sole distantia, nempe in *perihelio*; tunc enim apparens Solis diameter sub angulo 32′,593 videtur; in solstitio aestivo autem quum ipsa diameter appareat sub angulo 31′,517, Tellus reperitur in *aphelio*, seu in maxima a Sole distantia. Hinc sequitur, duas lineas TS, ST′ esse inaequales; quumque hae distantiae sint in inversa diametrorum apparentium ratione, obtinetur proportio TS:ST′=32′,593:31′,517; hinc major a Sole distantia excedit distantiam minorem $\frac{1}{30}$ suae longitudinis. Si Tellus in singulis suae orbitae punctis eadem celeritate foret instructa, spatium seu arcus, quem describit, eamdem in aequalibus temporibus longitudinem haberet: quum autem distantia ST sit varia, duo orbitae arcus a Sole visi inaequales nobis apparebunt; ita ut in minoribus distantiis majores videantur. Id reipsa evenit; nam spatium angulare, quod Sol in singulis diebus describere videtur, est varium pro ratione diametri apparentis, seu pro ratione distantiae; in perigeo enim, ubi diameter Solis apparens est 32′, 593, Sol 24 horarum intervallo arcum eclipticae 61′,165 percurrere invenitur; in apogeo autem, ubi eadem diameter est 31′, 517, arcum minutorum 57′, 192 describit; quocirca spectator in Sole positus Tellurem in perigeo arcum fere minut. 61′, et in apogeo fere min. 57′ describere videret. Si ratio arcuum descriptorum aequalis foret rationi diametrorum apparentium, quam inversam distantiarum esse diximus, si nempe foret $\frac{61165}{57192}=\frac{32593}{31517}$, eaque aequalitas in omnibus orbitae punctis eadem semper foret, motus Telluris annuus foret uniformis, et mutatio apparens celeritatis nulli alii caussae adscribi posset, nisi differentiae distantiarum: quum autem hae duae fractiones nullibi aequales inveniantur, necessario admitti debet realis quaedam relaxatio in Tellure prout a Sole digreditur, et acceleratio dum ad eumdem accedit: motus igitur Telluris est celerior in perigeo, quam in apogeo. Id autem quum fieri nequeat, nisi in ellipsi (261); manifestum est Telluris orbitam circa Solem esse ellipticam (1).

(1) Francoeur, *Uranographie*, n. 36.

1120. Excentricitas in cujuslibet Planetae orbita efficit, ut haec sit magis vel minus oblonga; ita ut si illa fuerit cognita, orbitae natura pariter definiri possit. Nostrum non est inquirere quomodo illa determinetur : sufficiat hic afferre valorem excentricitatis in partes millesimas semiaxis majoris orbitae singulorum Planetarum, ita nempe, ut si semiaxis in 1000 aequales partes concipiatur divisus, numeri sequentes indigitabunt quot harum partium cujuslibet Planetae excentricitas continere debeat.

Si orbitae Mercurii semiaxis fuerit = 1000, ejus excentricitas erit . . . . 0 , 206.

Veneris.	0 , 007.
Telluris.	0 , 017.
Martis.	0 , 093.
Vestae.	0 , 184.
Junonis.	0 , 254.
Cereris.	0 , 078.
Palladis.	0 , 245.
Jovis.	0 , 048.
Saturni.	0 , 056.
Urani.	0 , 047.

Comparando hos numeros inter se, facile patet, orbitas magis excentricas, idest magis oblongas, esse orbitas Junonis, Palladis, Mercurii et Vestae ; orbitas Veneris et Telluris esse minus excentricas, et a circulo parum differre; orbitas denique Jovis et Urani esse fere ejusdem excentricitatis.

1121. Quum Planetae omnes in motibus suis orbes ellipticos circa Solem ita describant, ut focorum alter cadat in centro Solis; manifestum est unamquamque orbitam in plano dari, quod per centrum Solis transit, et diversimode inclinari. Planum orbitae Telluris vocatur *Planum Eclipticae*: hoc quaquaversum continuatum usque ad coelestem sphaeram concipitur (1042), et in gradus 360 divisum. Dum igitur Astronomi de orbitae alicujus inclinatione loquuntur, ad situm planorum reliquarum orbitarum, respectu hujus, attendunt. Quum autem Planetarum orbitae eumdem focum in Solis centro habentes inter se diversimode inclinentur, invicem in linea aliqua secari debent; linea enim, ex Geometria, est communis sectio planorum. Duo puncta hujus lineae, in quibus orbitae secant planum eclipticae, dicuntur *Nodi*; linea ipsa, quae jungit orbitae cujuscumque nodos, id est, communis sectio plani orbitae alicujus Planetae cum plano eclipticae, vocatur *linea nodorum* (1).

(1) « Immaginiamoci che l'orbita terrestre sia tutta d'un pezzo, come quel foglio di carta su cui possiamo descrivere l'ellisse rappresentativa dell'orbita stessa. La superficie di quella carta si chiama il piano dell'orbita, il qual passa pel centro del sole che giace in un de' due fochi della ellisse. Concepiamo nel modo stesso altri fogli

Ex quo etiam sequitur, singulorum Planetarum orbitas in duas partes dispesci posse, quarum altera supra eclipticam in plaga septentrionali, altera vero infra illam in australi plaga distenditur. Alter duorum nodorum cujusque orbitae, per quem Planeta e regione australi ad borealem transit, dicitur *nodus ascendens*; alter autem *nodus descendens* vocatur. Cognito autem loco, in quo alteruter nodorum orbitae alicujus Planetae existit, et inventa latitudine ejusdem Planetae, dum a nodo per 60.° distat, si hunc ad Solem retuleris, obtinebis inclinationem orbitae illius Planetae ad eclipticae planum. Denique latitudo alicujus Planetae dicitur *heliocentrica*, ubi a centro Solis spectetur; scilicet hoc nomine vocatur locus alicujus Planetae a Sole spectati, seu ubi a nobis in Solis centro positis videretur: est autem distantia Planetae ab ecliptica, qualis a centro Solis observaretur, seu angulus quem duae lineae a centro Solis et centro Planetae ductae cum eclipticae plano conficiunt: distantia autem Planetae ab ecliptica a Tellure visa *latitudo geocentrica* dicitur. Pari modo, *longitudo heliocentrica* alicujus Planetae est locus eclipticae, ad quem refertur Planeta a Solis centro visus; *longitudo geocentrica* est locus ejusdem Planetae in ecliptica a Telluris centro spectati; seu est distantia sumpta super ecliptica, et secundum signorum ordinem, inter locum geocentricum et aequinoctium vernum. Methodus, qua utuntur Astronomi in orbitarum inclinationibus statuendis, altioris est indaginis: sufficiat igitur hic tantum retulisse tabulam sequentem, in qua omnium orbitarum ad eclipticam inclinationes adnotatas invenies.

	inclinat.			
Mercurius	7°,	0′,	0″,	0.
Venus	3°,	83,	28,	5.
Tellus	0,	0,	0,	0.
Mars	1°,	51,	5,	0.
Vesta	7°,	7,	51,	8.
Juno	13°,	4,	27,	0.
Ceres	10°,	37,	30,	4.
Pallas	34°,	37,	28,	0.
Jupiter	1°,	18,	51,	5.
Saturnus	2°,	29.	38,	1.
Uranus	0°,	46,	26,	0.
Neptunus	»	»	»	»

di carta, ciascun de' quali rappresenta il piano e la figura dell'orbita d'un pianeta. Ognun di questi piani passa parimente pel centro del Sole, ma con diverse direzioni ed inclinazioni uno all'altro. Bisogna dunque concepire che questi fogli di carta trapassino l'un per l'altro di modo che il centro del sole sia un punto stesso e solo di tutti insieme ». Cagnoli, *Notizie Astronomiche*, n. 407.

1122. Ex hujus tabulae inspectione patet ratio, cur veteres zodiaco non amplius quam latitudinem graduum 18 $\frac{1}{2}$ assignaverint. Quum enim ipsis compertum esset, Solis incolas, si qui essent, omnes Planetas in suis circa Solem conversionibus ultra coeli zonam 14 gradibus latam non excurrentes inspicere (Mercurius enim, cujus inclinatio ab ecliptica putabatur maxima, 7 gradibus ad boream et 7.° proinde ad austrum inclinatur), idem spatium, quod zodiacum appellarunt, tamquam Planetarii Systematis limitem relate ad eclipticae laevam et dexteram, imaginati sunt: quumque maxima latitudo, in qua Venus relate ad Tellurem observatur, aliquando 9 gradus excedat; hinc factum est, ut latitudo zonae coelestis, intra quam Planetae a terricolis suas orbitas describere videntur, nempe zodiacus, sit graduum 18 $\frac{1}{2}$. Haec autem zona hodie nullius est usus; Planetae enim omnes hoc saeculo detecti illius limites transgrediuntur, unde etiam *Planetae ultra-zodiacales* vocari solent.

1123. Ex superius dictis colligitur, *septem* esse *elementa*, ex quibus singulorum Planetarum situs in eorum orbita quovis tempore determinari potest, quae proinde *orbitarum elementa* vocari solent. Horum duo situm orbitae absolutum determinant, suntque 1.° *positio lineae nodorum*, 2.° *inclinatio plani orbitae ad eclipticam*: quinque reliqua referuntur ad Planetae motum in eadem orbita, et sunt 3.° *tempus periodicum Planetae in eadem orbita conficienda*, 4.° *distantia media a Sole*, 5.° *excentricitas*, 6.° *situs perihelii vel aphelii*, 7.° *locus Planetae in sua orbita in dato aliquo tempore*. Datis namque his conditionibus, cognitisque generalibus legibus motus corporum coelestium, assignari facile potest in quo situ suae orbitae Planeta aliquis quolibet tempore inveniatur. Consule Francoeur (1), et Cagnoli (2).

CAPUT SEXTUM

DE PLANETIS PRIMARIIS IN SPECIE.

1124. Quum jam nobis comperta sint principia, quibus nostrum Mundi Systema superstruitur; et Planetarum omnium dimensiones (1077), eorum tempora periodica (1112), distantias a Sole (1115) et a Tellure (1117), figuram (1118), et inclinationem (1121) orbitarum quas circa Solem describunt, pernoscamus: de Sole nunc

(1) Francoeur, *Uranographie*, *n. 91*.
(2) Cagnoli, *Notizie astronomiche*, *n. 419*.

ac de singulis Planetis in specie disserere consueta brevitate debemus, ut veluti in nucleo Iuvenes collectum inveniant quidquid de singulis horum corporum coelestium hodie docent Astronomi. Incipiemus a Sole, utpote totius Systematis centro: loquemur deinde de Planetis inferioribus, postea de Tellure, tum de Planetis superioribus.

ARTICULUS PRIMUS

DE SOLE.

1125. Inter corpora coelestia, quae nostrum Planetarium Systema componunt, primum ac praecipuum locum sibi vindicat Sol, *Luminare majus* a Moyse, et *maximus naturae administer* a Dante vocatus (1). Est autem Sol corpus per se luminosum, circa quod Planetae omnes suos orbes conficiunt, et fons, a quo suam lucem et calorem mutuantur. Ejus figura est sphaerica, cujus diameter apparens est, ut diximus, minut. circiter 32′; diameter vera milliar. 768 368. Volumen Solis Telluris volumen superat fere 1 400 000 vicibus; ejus denique a Tellure distantia est milliar. 82 488 000. Ejus disco maculas quasdam inhaerere omnium primus ope telescopii observavit Christophorus Scheinerus. Iesuita Ingolstadiensis, anno 1611, qui magnum de iis edidit volumen. Sed quum Theodorus Busaeus tunc temporis Minister Provincialis Germaniae has observationes, tanquam placitis Aristotelis adversas, supprimendas judicasset, Galilaeus inde excitatus, easdem accuratius observavit, et hodiedum observant omnes, quos siderum contemplatio delectat (2). Sunt autem maculae istae partim nigricantes et penumbra circumdatae, figurae irregularis et inconstantis; partim vero luminosae, seu reliquo disco Solis lucidiores, et *faculae* appellantur: earum magnitudo varia est; nonnullae totam Telluris superficiem latitudine superant, et in zona, quae extenditur ad austrum et ad boream solaris aequatoris, sitae sunt. Quae sit earum origo non facile definiri potest, ob incompertam Solis naturam; hinc variae de iis opiniones prodiere. Quidam putant Solem, unde jugiter magna luminis et caloris copia emittitur, esse corpus in jugi combustione, ex cujus massa scoriae quaedam egeruntur, quae in ejus superficie supernatant, et sub macularum nigricantium specie nobis exhibentur, faculas vero ex eruptionibus quibus-

(1) *Sol* Ciceroni sic dictus videtur, quia *solus*: inquit enim *L. 2. De nat. Deor. c.27,* « Quum Sol dictus sit, vel quia *solus* ex omnibus sideribus est tantus, vel quia, quum est exortus, obscuratis omnibus, *solus* apparet ».

(2) Ne vivissimus Solis splendor aciei visus officiat, lens ocularis telescopii obtegitur vitro plano colorato, et plerumque nigricante.

dam vulcanicis, quae inibi fiant, suam trahere originem. Sed haec opinio parum arridet Astronomis recentioribus, qui post Guill. Herschel putant Solem tanquam compositum ex nucleo obscuro et solido, duabus candentibus atmosphaeris, altera obscura circa nucleum, altera lucida superius existente, involuto: in hac hypothesi duae istae atmosphaerae quum vi proprii motus sint in jugi fluxu, et refluxu, ita ut identidem modo dilatentur et modo contrahantur, nucleum illum obscurum, ubi dilatantur, visibilem reddunt; et penumbra nihil aliud est, nisi extremitas obscurae atmosphaerae, quae minus quam atmosphaera lucida dilatatur. Quidquid sit de hac hypothesi, quam D.s Arago, etsi prorsus singularem vocet, omnia phaenomena accurate explicare ait (1); illud nobis utilitatis ex harum macularum observato motu profluit, quod inde Astronomi collegerunt, Solem circa seipsum rotare ab occidente in orientem spatio dierum $25\ \frac{1}{2}$. Hae enim maculae ab occidentali Solis margine versus medium uniformiter progredi videntur, unde eadem uniformitate versus orientalem marginem provehuntur, et deinde occultantur; postquam vero per tredecim circiter dies in adversa Solis parte delituerunt, in occidentali margine rursus apparent, integramque adeoque revolutionem dierum 25, 12 hor. intervallo conficiunt. Ex eodem macularum motu praeterea collegerunt Astronomi, solaris revolutionis axem non esse perpendicularem ad eclipticae planum, sed ad illud inclinari sub angulo graduum 7, 50′. Quod si Sol circa suum axem revolvitur, quum inverisimile sit id evenire posse nisi simul translationis motu ex uno in alium locum donetur, pronum fuit Astronomis colligere Solem non esse prorsus in centro Planetarii Systematis immotum, sed quodam lento *translationis* motu ferri versus quamdam spatii partem, omnesque Planetas cum suis Satellitibus secum transferre. Guill. Herschel putat reipsa Solem versus Herculis constellationem aliquantulum processisse; quinimmo D.s Laplace credit motus apparentes Stellarum non aliunde oriri, quam ex combinatione motus Solis cum motu ipsarum proprio. Sed quum hic translationis motus non sit motui revolutionis circa suum axem proportionalis, ut evenire deberet, alii Astronomi de illo dubitarunt.

(1) Arago, *Leçons d'Astronomie*, *Lect.* *V.*

ARTICULUS SECUNDUS

DE PLANETIS INFERIORIBUS.

1126. Usque ad finem saeculi proxime elapsi Planetas sex agnoverunt Astronomi, Mercurium scilicet, Venerem, Tellurem, Martem, Iovem, et Saturnum. Anno 1781 Guillelmus Herschel nostrum Systema novo Planeta ditavit, cui *Urani* nomen indidit. Sed numerus Planetarum primariorum auctus fuit nostro hoc aevo; nam ab initio hujus saeculi usque ad hunc annum 1852 detecti fuerunt alii octodecim Planetae, *asteroides* dicti, inter Martem et Iovem, et alium Planetam in extremo totius Planetarii Systematis limite positum, cui *Neptuni* nomen inditum fuit. En eorum catalogum eo ordine quo a Sole distant, cum symbolis, a quibus undecim repraesentantur; reliquis enim nullum usque adhuc signum datum est.

Mercurius ☿, Venus ♀, Tellus ♁, Mars ♂, *Flora*, *Victoria*, Vesta ⚶,

Iris, *Metis*, *Hebe*, *Parthenope*, *Aegeria*, *Astraea*, Iuno ⚵,

Ceres ⚳, Pallas ⚴, *Igaea Borbonica*, Iupiter ♃, Saturnus ♄, Uranus ♅, *Neptunus*.

His accedunt alii quinque hoc anno detecti, nempe *Psyche*, *Tetis*, *Melpomene*, *Fortuna*, et *Temis* seu *Massilia*. Ex his omnibus Mercurius, et Venus, ut diximus (1096), vocantur Planetae *inferiores*, quia eorum orbitae intra Telluris orbitam continentur; reliqui vero dicuntur *superiores*, quia sua orbita Telluris orbitam ambiunt. De singulis pauca dicamus.

§. 1. *De Mercurio.*

1127. Mercurius est omnium Planetarum minimus, lumine satis claro fulgens, et Solis individuus comes, quippe qui ab eo non digreditur ultra 28 gradus. Quum sit Soli semper proximus, et in ipsius vividissimo fulgore delitescat, fit ut nudo oculo rarius, et haud ita facile observari possit (1). Ejus diameter apparens est varia; aliquando enim ejus longitudo est minut. 4″, aliquando vero minutorum 12″.

(1) Adeo difficilis observatu est Mercurius, ut Copernicus diem obierit supremum, quin hunc Planetam videre vel una vice potuerit.

Ejus diameter vera est $\frac{1}{3}$, ejus superficies $\frac{1}{10}$, ejusque volumen est $\frac{1}{15}$ diametri, superficiei, et voluminis nostrae Telluris. Distat a Sole milliaribus circiter 32 000 000; unde sequitur Solis splendorem et calorem in hoc Planeta septies validiores, quam in nostra Tellure, esse debere; lucis enim et calorici efficacia (489, et 548) sunt reciproce ut quadrata distantiarum. Sequitur etiam, Solis discum septies majorem Mercurii incolis, si qui sunt, apparere debere, quam nobis (1). Telescopio satis valido inspectus, suas habere phases deprehenditur phasibus nostrae Lunae omnino similes, parte illuminata Soli constanter obversa: quumque ejus marginis limites non sint probe terminati, aliqua involutus atmosphaera putatur. Schroeter in hoc Planeta distinxisse asserit montes, qui altissimos nostrae Telluris montes duplo excedunt. Quum maculis conspersus semper appareat, inde intulerunt Astronomi, illum, ut nostra Tellus, circa suum axem converti intra horas 24, minuta 5′, et 30″. Anno 1631, die 7 Novembris, Petrus Gassendus, et sequentibus temporibus complures, Mercurium in Sole viderunt instar maculae nigrae et rotundae, chordam disci Solaris describentem. Hoc phaenomenon rarissimum die 9 Novembris anni 1848 ultimo visum est; videbitur iterum in hoc saeculo diebus 12 Novembris 1861, 5 Nov. 1868, 4 Maji 1878, 8 Nov. 1881, 10 Maji 1891, 10 Nov. 1894. Gyrat circa Solem intervallo dierum 87, 23^{hor}, 15′, 43″; quare Mercurii annus est fere trium mensium, nempe quarta pars anni solaris.

§. II. *De Venere.*

1128. Mercurium sequitur Venus, Planeta nempe omnibus notissimus, quippe qui splendore suo reliquorum Planetarum lumen superat, Solem constanter comitatur, nec ultra 48 gradus ab eo digreditur. Ubi in sua conjunctione *inferiori* invenitur, id est, ubi orientalem suae orbitae partem describit, et nostrae Telluri proxima est, immediate post Solis occasum in coelo apparet, et vivido fulgore illucescens, Solis absentiam quodammodo compensat: ubi vero est in *conjunctione superiori*, id est ubi partem ejusdem orbitae occidentalem percurrit, et est a Tellure remotior, tunc mane Solis ortum praecedit, et *Phosphorus* seu *Lucifer* vocatur, utpote luminis solaris praenuntia (2); quemadmodum, ubi Solem sequitur, vocatur *Hesperus* seu *Vesper*. Quum hic Planeta sit Solis fidus co-

(1) Quadratum numeri 30 est 900; numeri 80 quadratum est 6400; atqui $\frac{6400}{900} = 7$ circiter.

(2) Hinc Tibul. *Lib. I, El. IX*, v. 62: «*Dum rota Luciferi provocet orta diem*».

mes, et aliquando inter Solem et Tellurem interponatur, iisdem, quibus Mercurius, subjicitur phasibus, quae multo magis quam illae discerni possunt, ita ut quum ad suam conjunctionem superiorem accedit, et suum discum fere totum illuminatum nobis objicit, adeo fulgeat, ut etiam lucente Sole, nudo oculo spectari possit (2). Eadem caussa, ob quam phases patitur Venus, efficit ut aliquando instar maculae nigrae per Solis discum, sicut de Mercurio diximus, hic Planeta transire videatur: quinimo hic transitus Veneris per Solis discum multo magis adspectabilis est, non solum ob majorem hujus Planetae magnitudinem, verum etiam ob suam minorem a Tellure distantiam: hinc ejusmodi transitu utuntur Astronomi tum ad determinandam Solis et Veneris parallaxim, tum ad definiendam Solis a Tellure distantiam, tum denique ad alia stabilienda, quae ad diametrum, et motum ejusdem Veneris spectant. Primus Veneris transitus super Solis discum observatus fuit anno 1639 paullo post inventum telescopium; duo ultimi transitus observati sunt anno 1769, et 1772; reliqui, qui nostro aevo locum habebunt, evenient die 9 Decembris anni 1874, die 6 Decembris anni 1882, 8 Iunii 2004, 6 Iunii 2012, etc. Ds Schroeter deprehendisse ait Veneris montes esse altissimis Telluris montibus sublimiores; et ejusdem atmosphaeram tum altitudine, tum densitate parum ab atmosphaera terrestri differre. Cassinius anno 1666 ex pluribus observationibus statuit, Venerem circa suum axem intervallo horarum 23, 18′ gyrare; Schroeter huic rotationi horas 23, et minuta 21 assignavit; Blanchinius vero eumdem vertiginis motum intra 24 circiter dies absolvi edocuit; adeo incerti erant Astronomi circa tempus, quo Venus super seipsam gyrat! At Iesuitae Gymnasii Romani, multis observationibus maxima diligentia et constantia institutis, anno 1839, tanquam certissimam Dni Schroeteri opinionem amplectendam edixerunt. Diameter Veneris est paulo minor diametro Telluris; ejus superficies est 0, 9, et volumen est 0, 8 superficiei et voluminis nostrae Telluris. Tempus, quo circa Solem suam orbitam describit, est dierum $224\frac{1}{2}$ circiter; sive mensium 7, et dierum 14 circiter; unde annus Veneris est circiter $\frac{2}{3}$ anni solaris; distat vero a Sole milliaribus circiter 60 000 000: hinc lucis et caloris intensitas in hoc Planeta est duplo major quam in nostra Tellure.

(2) Notandum, Veneris splendorem non esse maximum, ubi hic Planeta plena facie splendet: tunc enim quum in sua maxima a Tellure distantia inveniatur, splendor ob distantiam minuitur; hinc splendor maximus habetur sive ante, sive post conjunctionis punctum.

ARTICULUS TERTIUS

DE TELLURE.

1129. Tertius, post Mercurium et Venerem, Planeta a Sole minus distans, est Tellus quam incolimus. Quum autem ejus figuram (1060), diametrum (ibid), distantiam a Sole et reliquis Planetis (1116, 1117), conversionem circa proprium axem (1083), motum annuum circa Solem (1110), ejus orbitae naturam (1118) superius docuerimus; hic explicanda sunt phaenomena, quae ex ejus motu tum diurno, tum annuo oriuntur, nempe dierum ac noctium vicissitudines, diversa anni tempora, et climata; quibus pauca subjungemus de aequinoctiorum praecessione, et de lucis refractione atque aberratione.

1130. Iam diximus (1088) Tellurem circa proprium axem ex occidente in orientem intra horarum 23, 56′, 4″ intervallum converti; in qua conversione aequatoris incolae in quolibet minuto secundo $\frac{1}{4}$ milliaris partem percurrunt (1083). Haec Telluris conversio circa proprium axem est caussa, cur omnia coeli sidera, etsi a suo loco numquam dimoveantur, oriri et occidere nobis videntur; et inde etiam oritur dierum et noctium continua vicissitudo. Qdum enim Tellus sit fere sphaerica (1061), et singulis diebus motu perenni et aequabili circa suum axem convertatur ab occasu in ortum; necesse est, ut suam superficiem Soli successive exhibeat; adeoque qua proportione Telluris superficies versus ortum descendit, eadem Sol, aliaque sidera nobis terricolis, qui communi motu cum Telluris motu revolvimur, videri debent in directione contraria ascendere, nempe ab ortu in occasum; eodem prorsus modo, ut diximus (1086), quo dum in aliqua navi provehimur, hujus motum non percipimus; videmus autem litora, caeteraque corpora in iis sita in oppositam partem provehi, juxta illud Virgilii:

« Provehimur portu, terraeque urbesque recedunt ».

Prout itaque Tellus ABCD (Fig. 14) ex A versus C, ex occasu nempe versus ortum convertitur, Sol S nobis in A existentibus supra horizontem videtur: quum autem pervenimus in B, Sol vertici nostro imminere apparet, in eo nempe loco, ultra quem altius non attollitur. Hoc culminis punctum idem est pro omnibus Terrae habitatoribus, qui super eadem linea meridiana consistunt. Ubi denique Tellus in sua conversione unam ex iis lineis meridianis Soli obvertit, revolvi pergit, et nobis in C existentibus Sol descendere videtur, donec infra horizontem delitescat. Hinc Solis *ortus*

dicitur tempus illud, quo primum versus ortum Sol nobis fit conspicuus; *meridies* est tempus, quo altius attollitur: *occasus* vero habetur, ubi Sol magis deprimitur, vel ubi Tellus pergens adhuc in suo motu, tenebris offunditur; Sol, qui nobis occidere videbatur, iis qui oppositum hemisphaerium incolunt, oriri conspicitur, adeoque dies illis illucescit dum nos in tenebris versamur, illis est meridies dum in nostris regionibus media existit nox, illis denique Sol occidit dum nobis oritur; atque ita post 24 horarum intervallum Sol iterum in oriente apparet, attollitur, deprimitur, et sic modo luce collustramur, modo tenebris obvolvimur. Dum Sol infra horizontem versatur, Tellus utpote corpus opacum, ejus lumen intercipit; hinc patet dimidiam Telluris partem a Sole illuminari, dum reliqua ejus pars umbram projicit, in qua involvimur, et *noctem* constituit. Si Tellus circa Solem ita volveretur, ut hic semper aequatori ad perpendiculum insisteret, noctes semper diebus aequarentur; id quod bis in quolibet anno reipsa evenit, nempe aequinoctiorum tempore; tunc enim tantummodo Sol super aequatorem recta imminet: quum autem axis Telluris (1) ad aequatorem gradibus 23, 27′, 41″ inclinetur, lux a Sole emissa per totidem gradus super polo ipsi inclinato diffunditur: quumque nonnisi unum hemisphaerium a Sole collustrari possit; patet ratio, ob quam dies esse debent noctibus modo aequales, modo majores, modo vero minores, prout Sol, qui apparenti suo motu singulis diebus percurrit aequatorem aut circulum aequatori parallelum, vel aequatori directe imminet, vel ab eo magis minusve recedens ad tropicos appropinquare videtur.

1131. Tellus, ut diximus (1109), praeter diurnam conversionem circa proprium axem, circa Solem volvitur intervallo unjus anni, nempe dierum 365, 5h., 48′, 57″, orbitam ellipticam describens, cujus excentricitas, ut diximus (1120), est = 0, 017 partibus sui semiaxis majoris, quaeque ad aequatorem gradibus 23, 27′, 41″ inclinatur (hanc orbitam, ubi ejus planum ad coelum usque imaginatione protendatur, *eclipticam* vocari diximus). Hinc fit, ut dum Tellus in sua orbita circa Solem conficienda circa proprium axem etiam volvitur, hic axis ad eclipticae axem inclinetur gradibus 66, 32′, 19″. Ex hac eclipticae ad aequatorem inclinatione fit, ut Tellus in suo motu diversas suas partes Soli exhibeat in diversis anni temporibus, quae proinde diverso gradu ejus lucem et calorem excipiunt. Inde quatuor temporum vicissitudines. Quod ut facilius con-

(1) Notandum, non solam Tellurem ita esse comparatam, ut ejus axis ad aequatorem inclinetur, verum id in reliquis quoque Planetis locum habere, si unum Iovem forte excipias; inclinatio enim eclipticae hujus Planetae ad proprium aequatorem adeo est exigua, ut si suis incolis ille habitetur, ipsis dies jugiter esse debeant noctibus fere aequales.

cipiatur, sit figura 15, ubi Sol in quatuor suae orbitae praecipuis punctis exhibetur in centro ellipseos (1): *1, 2, 3, 4*, Tellurem in suo motu circa Solem designat, in qua duae lineae *aa'* et *cc'* duos tropicos Cancri et Capricorni, et *ee'* aequatorem repraesentant. Quum maxima Solis declinatio die solstitiali sit gradnum 23, 27', 41", et aestas tunc pro incolis hemisphaerii *a' a e c* incipiat, Tellus in suo aphelio A existit. Ob inclinationem axis *PP'* ad orbitam, omnes regiones circa polum *P* existentes (ubi etiam Europam ponimus) ita Soli subjacent, ut radius *Sa* a centro Solis ductus ad Terram, eam attingat in Tropico Cancri *aa'*: quare pro regionibus inter hunc tropicum *aa'* et polum *P* interpositis, nempe pro hemisphaerio boreali, omnes circuli huic tropico paralleli diutius illuminantur, Solis radii fere perpendiculariter in has regiones decidunt; ideoque, quum arcus diurnus *ax* sit arcu nocturno *xa'* major, patet tunc dies respectu nostri esse debere noctibus longiores, et aerem, quem spiramus, ab iisdem radiis diutius super nostrum horizontem immorantibus magis calefieri, sicque respectu nostri aestatem fervere. In regionibus autem inter tropicum Capricorni *cc'* et polum antarcticum *P'* existentibus, quum polus *P'* tenebris involvatur, omnia contraria eveniunt; Solis radii obliquiores decidunt, et minorem partem in hoc hemisphaerio illuminant, quam in hemispherio boreali quod incolimus: hinc pro ipsis saevit acris hiems, dum nos aestivo calore recreamur.

Ubi Tellus in suo motu pergens ab A *1* ad Æ *2* pervenit, quum ejus axis semper eamdem cum sua orbita inclinationem servet, in suo nempe parallelismo jugiter perseveret, fit ut suum aequatorem *ee'* ita Soli obvertat, ut radii a Sole ducti normaliter in ipsum aequatorem incidant; et proinde in hemisphaerio collustrato uterque polus contineatur: omnes igitur circuli, qui ad aequatorem sunt paralleli, in duos aequales arcus dividentur, unum scilicet illuminatum, qui diem, alterum vero tenebrosum, qui noctem dabit; dies ergo tunc erunt noctibus aequales in omnibus Terrae regionibus; nec calor immodicus, nec nimium frigus habebitur, sed media inter utrumque aeris temperies; sicque *autumni aequinoctium* aderit.

Progrediente Tellure in sua orbita, in *P 3* pervenit, nempe in perihelium; quumque ejus axis semper sibi parallelus permaneat, Tellus tropicum Capricorni *cc'* Soli directe obvertit: tunc autem Solis radii ab ejus centro ad Terram ducti normaliter incidunt in tropicum Capricorni, et uberiori lumine bemisphaerium australe quam boreale, ubi nos sumus, collustrant. Hinc in duobus hemisphaeriis

(1) Sol in figura non exhibetur in alterutro focorum ellipseos, sed in ejus centro ut demonstratio simplicior evadat.

tempestatum vicissitudo contrariam sequitur rationem; dies in nostris regionibus sunt noctibus breviores; incipiente hieme apud nos, in hemisphaerio australi incipit aestas; et sic porro.

Post alios sex mensesTellus transit in Æ'4, et in iisdem circumstantiis existit, ac ubi erat in situ opposito: Solis nempe radii iterum normaliter ad aequatorem ejaculantur; hinc pars dimidia tum utriusque poli, tum circulorum, qui ad aequatorem sunt paralleli collustratur; quare pro incolis hemisphaerii borealis solvitur acris hiems, et grata vice redit ver; pro incolis vero hemisphaerii australis incipit autumnus. Tunc igitur nobis fit *aequinoctium vernum*; illis vero est *aequinoctium autumnale*.

1132. Ex iis, quae nuper diximus, sequitur, Solem nobis terricolis diversimode apparere in his quatuor terrestris orbitae punctis praecipuis. Ob inclinationem nempe axis terrestris super eclipticae plano nos judicamus Solem quotidie suam declinationem (1045) mutare, et circulorum aequatori parallelorum seriem describere a tropico Cancri *aa'* ad tropicum Capricorni *cc'* constanter transeundo, et vicissim ab hoc ad illud recedendo. Singuli hi circuli paralleli a motu Telluris diurno oriuntur; transitus autem apparens Solis ab uno ad alium eorumdem circulorum, seu declinationis solaris mutatio, est effectus motus annui, sive translationis Telluris in sua ecliptica (1). Intelligitur nunc ratio, propter quam puncta tropicorum *Cancri* et *Capricorni* vocentur *Solstitialia* (1042). Apparet etiam, quod si ecliptica *a'c'aa'ca'c'c* in duodecim aequales partes dividatur, et in singulis divisionis punctis Zodiaci signum constituatur, Tellus quolibet mense unum Zodiaci signum percurret, adeoque quolibet die unum gradum ejusdem signi. Evidens etiam est, Tellure

(1) Or fa mestieri ben intendere come succeda in virtù del moto annuo della terra, che il Sole ci appaja rispondere a paralleli diversi da un giorno all'altro. Quando il vedete spuntar la mattina dall'orizzonte, fate supposizione che quivi rimangasi fermo, e che intanto la terra cammini verso la plaga di mezzogiorno, la quale vi sia sulla destra; non avrete difficoltà a concepireche in simil supposto quei punti terrestri, cui sembra or ora toccare il gran luminare, da lui si staccbino, ed altri che erano prima sulla sinistra da esso, subentrino nell'apparente contatto. Ma ogni punto diverso nell'orizzonte terrestre appartiene ad un parallelo diverso.... Adunque il moto annuo della terra ci fa vedere il Sole rispondere a paralleli continuamente diversi. Direte, che quest'astro non riman fermo nell'orizzonte conforme alla supposizione testè fatta: ma vi ricordi aver noi dimostrato non essere quel moto, ond'ei si alza dall'orizzonte, altro che un'apparenza, nascente dalla rotazione continua del nostro globo. Gode poi questo di un altro moto, che è quello di traslazione, o sia annuo, in virtù del quale intendeste or ora mutarsi incessantemente il parallelo del Sole. Da ciò proviene, che quella circolazione diurna, ch'ei sembra descrivere intorno a noi, non è veramente un cerchio, ma piuttosto una spira, simile a quella delle viti, nella quale egli passa nel corso d'un giorno da un paoe al contiguo. Quindi si fa diversa ogni dì l'altezza meridiana di lui: la maggiore genera più brevi le ombre de' corpi; la minore più lunghe: dal che può comprendersi adesso, e riman così soddisfatta la nostra promessa, per qual maniera il variar dell'ombre derivi dal moto con cui la terra gira in un anno d'intorno al Sole. Cagnoli, *Notiz. Astron. n. 608*.

ingrediente in aliquod signum, nos Solem ad signum oppositum referre: sic dum Tellus die 22 Junii in Capricorni signum reipsa ingreditur, nos dicimus Solem ingressum fuisse in Cancrum, quod illi directe opponitur; dum Sol dicitur Leonem ingredi, Tellurem reipsa in Aquario, quod eidem opponitur, inveniri.

1133. Haec omnia fient manifesta, si in camera obscura accendatur candela, quae Solem repraesentet, et globus comparetur, cujus diameter sit duorum aut trium digitorum, in quo signentur poli, aequator, ejusque paralleli aliquot, et meridiani; deinde ita teneatur globus, ut ejus axis non sit horizonti (qui hic loci eclipticae planum refert) perpendicularis, sed ad illum aliquantulum inclinatus; postea in eo situ disponatur, ut polorum unus borealem coeli plagam respiciat, et lumen candelae ad utrumque polum exacte pertingat, hoc est, circulus lucis et umbrae terminator per polos transeat; et probe notetur axis positio, seu mundi plaga ad quam dirigitur: tandem circa candelam in circulo horizonti parallelo ita feratur globus, ut axis ejus eamdem plagam, scilicet boream, semper respiciat; tunc enim videre licebit candelae flammam eodem prorsus modo illuminare globum, polos, aequatorem, ejusque parallelos, quo Terra a Sole revera illustratur; eademque prorsus conspicientur phaenomena, quae nuper de Sole, et Terra declaravimus.

1134. Diximus (1119) hieme Tellurem esse in *perihelio*, scilicet Soli proprius accedere, aestate vero esse in *aphelio*, seu ab illo longius abesse. Inde autem sequi videtur mirum illud atque absurdum, nempe recedente Sole, Terram magis incalescere, hieme autem quum propius Soli adstamus, ingravescere frigora. Omnis autem admiratio cessabit, si animadvertamus caloris et frigoris incrementa nec semper, nec totaliter pendere ex Solis distantia, sed alias potiores caussas ad has temperaturae mutationes producendas concurrere. Et 1.° directi radiorum impetus fortiores sunt quam obliqui: hieme autem admodum oblique Solis lucem recipimus, et eo pauciores proinde in datam superficiem agunt radii, quo magis oblique in eam incidunt: 2.° hieme radii solares obliquius incidentes magis crassam atmosphaeram pervadunt, et longiore itinere per aera feruntur, quam aestate, quando directius incidunt; unde radii illi, plures aeris particulas offendendo, magis franguntur, quam aestate; hoc autem ex eo confirmatur, quod videmus nos Solem in horizonte sine oculorum damno contueri posse, quem, ubi altius ascendit, oculi ferre non possunt: 3.° denique notum est, quo diutius corpus aliquod durum et solidum igni objicitur, eo magis illud incalescere: quum igitur in aestate per quindecim fere horas continuas Solis ardori objiciamur, et per novem tantum horas ejus absentiam persentiamus; hieme autem contrarium experiamur;

non mirum est tantas his tempestatibus oriri caloris et frigoris differentias.

1135. At, inquies, quum maxima Solis potentia sit, quando ejus radii sunt directissimi, atque dies longissimi, id quod evenit in aestivo solstitio, die scilicet 21 Junii; cur quotannis experimur calorem aestivum post digressum Solis a Tropico crescere, et annum maxime fervere circa finem mensis Julii, quum integro fere signo Sol a Tropico distat?

Ut circa hoc factum omnis admiratio cesset, observandum est Solis actionem, qua corpora calefiunt, non esse transeuntem, qualis est ejus illuminatio, sed permanentem, ita ut corpus semel a Sole calefactum, post ejus discessum per aliquod tempus calidum maneat. Ponamus itaque, in solstitio aestivo, interdiu lucente Sole, centum caloris gradus regionibus nostris communicari; nocte vero, quae die brevior est, quinquaginta caloris gradus avolare, totidem superstitibus; proxima vero die, eadem fere vi agens Sol, alios centum caloris gradus iisdem regionibus communicet, quorum quinquaginta tantum in nocte disperdantur; adeoque initio tertii diei centum caloris gradus erunt superstites: accedente igitur calore ad calorem, quem singulis diebus solares radii in Tellurem immittunt, haec per aliquod tempus post solstitium vehementi flagrat aestu. At decrescentibus diebus, et crescentibus noctibus, fiet tandem, ut plures, absente Sole, effugiant caloris gradus, quam die recipiuntur; quo fit, ut calor minui, augeri vero frigus jugiter debeat. Ex ratione prorsus contraria fit, ut maximum frigus non tempore solstitii hiberni, sed circa finem mensis Januarii incidat. Inde oritur *divisio meteorologica* quatuor anni temporum, quam alibi (946) assignavimus.

1136. *Praecessio aequinoctiorum.* Huc usque posuimus, axem Telluris situm stabilem, et perfectum parallelismum in suo circa Solem motu semper tenuisse: at ex plurium annorum observationibus deprehenderunt Astronomi, axem illum a parallelismo paullulum deflectere, motu quidem lentissimo, ita ut aberratio a parallelismo intra duos tresve annos facta vix sensibilis evadat; plurium tamen annorum decursu satis notabilis invenitur; adeoque dum unius anni phaenomena explicanda erant, de tantilla aberratione omnino tacendum fuit, utpote quae phaenomena tradita minime turbaret. Cujus rei observandae haec fuit occasio. Deprehenderunt Astronomi, constellationes zodiaci visibilis, quae antiquis et remotissimis temporibus cum signis anastris adamussim congruebant (1043), nostro hoc aevo non amplius congruere: sidera quippe ab occidente in orientem lente moveri quoad sensum videntur; unde factum est, ut Zodiaci visibilis constellationes e suis locis discessisse videantur, et quae Arietis locum tenebant Hipparchi tempore (qui anno 147

ante Christum vixit, et signa illa primus notavit), nunc teneant Tauri locum, atque in Arietis sedem Pisces successerint. Hujusmodi constellationum motus retrorsum, seu in *antecedentia signa* (1043), vocatur *praecessio aequinoctiorum*, quia aequinoctialia puncta in singulis annuis Terrae revolutionibus reipsa regrediuntur; qui regressus quotannis minuta 50″ non excedit, ita ut sit fere insensibilis; at plurium annorum decursu sensibilis evadit, ita ut annorum 100 spatio grad. 1.°, 23′, 20″ aequinoctialia puncta regrediantur; post annos 2160 regrediantur gradibus 30; et annis circiter 26000 integram absolvant eclipticam retrograda circuitione; hoc temporis spatium *magnum annum* vocabant veteres; quumque hunc motum ex Ptolemaico systemate sideribus proprium esse crederent, eo finito, sidera ad sedes suas remeare, et rerum mundanarum ordinem renasci debere ajebant. Hinc est, quod, quum ab Hipparchi tempore usque adhuc elapsi fuerint fere anni bis mille, quos a periodo annorum 2160 parum differre ad rem nostram putandum est, Sol aequinoctii vernalis tempore in Piscium constellatione apparet, et Arietis constellatio gradibus fere 30 in *consequentia signa processisse* videtur, quamvis Aries a sede sua nunquam discesserit; nobis autem videntur in Arietis locum successisse Pisces, Arietem vero in Tauri sedem commigrasse. Quod de Ariete diximus, in opposita etiam Librae constellatione continget; ea nempe Virginis sedem occupasse videbitur. Etsi tamen aequinoctia uno integro signo praecesserint; Astronomi, ut confusionem in suis locutionibus vitarent, *Arietis et Librae intersectiones* puncta aequinoctialia veris et autumni appellare pergunt.

1137. Hunc constellationum motum nonnisi apparentem esse, Astronomis compertum est, et ex modicissima illa terrestris axis inclinatione oriri, quam *nutationem* appellant, qua fit, ut in singulis annuis Terrae revolutionibus idem axis propter Solis Lunaeque in terrestrem globum actiones a suo parallelismo paullulum deflectat. Haec parallelismi paucissima nutatio efficit, ut Tellus in sua orbita circa Solem describenda, antequam integram circuitionem absolvat, suum aequatorem Soli iterum obvertat; hinc locus apparens Solis non amplius ad illud eclipticae punctum refertur, ad quod in anteriori aequinoctio referebatur, sed ad aliud ab extremitate suae orbitae apparentis aliquantulum retrogredi videtur; et ideo prius punctum, nempe sidus quod illud designat, tantumdem progressum fuisse apparet. Ut id concipias, inspice figuram 15. Ellipsis *a′c′aa′ca′c′c* orbitam terrestrem designet; circa quam fasciam concipe, quae *Zodiacum* repraesentet in 12 partes divisum. Terra constituatur in Æ′4 in primo Librae gradu; manifestum est Solem a nobis referri ad primum Arietis gradum in Æ2. Progrediente Tellure ex Æ′4 in A*1*, Æ2, P3, motu annuo, si axem suum ita inclinet, ut

aequatorem Soli iterum obvertat in signo ♍, antequam perveniat ad punctum Æ'4, unde discessit; manifestum est, Solem a nobis tunc referri ad signum ♓, nempe ad Piscium constellationem, adeoque Arietis constellatio, ad quam in antecedenti aequinoctio referebatur, a signo ♈ ad signum ♓ processisse videbitur. Id quod quum singulis annis constanter eveniat, est caussa cur multis post saeculis quamdam *praecessionem* extitisse nobis videatur, nempe progressionem apparentem siderum orientem versus, ex reali retrogressione punctorum aequinoctialium ortam.

1138. Hujus phaenomeni caussam a Solis Lunaeque in terrestrem globum actionibus derivare primus omnium demonstravit Newtonus in suis *Principiis Mathematicis*, et Laplace in suo percelebri Tractatu *Exposition du Systeme du monde* etc. Quum enim Tellus elatior sit in aequatore, depressior in polis (1060), major quoque ejus massa erit in aequatore: quumque attractio sit in directa massarum ratione (37), hinc tota regio aequatorialis validius a Sole ac Luna trahetur , quam reliquae Telluris partes ; ex iisque inaequalibus attractionibus axis terrestris *nutabit* motu veluti libratorio , uti evenit oblongae virgae, cujus binae partes viribus inaeqnalibus urgentur ; adeoque idem axis suo motu annuo ad aequinoctium iterum perveniet 20' aut 22'' circiter, antequam suam integram orbitam exacte absolvat. Atque hic est *annus* , qui *tropicus* dicitur , quique , ut diximus (1110) , semper *anno sidereo* brevior est : ille namque complectitur temporis intervallum , quo Tellus ab uno aequinoctio, ex. gr, vernali ad idem revertitur, et diebus 365 , hor. 5 , min. 48', 57'' absolvitur (1); hic vero continetur temporis spatio, quo Tellus a fixa aliqua Stella profecta , ad eamdem regreditur et dies 365 , hor. 6, min. 9', 13'' complectitur : adeo ut sidereus annus tropicum excedat min. 20', 16''. Notandum autem , in hoc phaenomeno producendo actionem Lunae Solis actionem excedere; effectus namque actionis Lunaris est quotannis fere min. 26'' , effectus autem actionis Solaris est min. fere 21 ' : actio Lunae praeterea est variabilis , tum ob jugem suorum nodorum mutationem, ut suo loco dicemus , tum ex eo quod ejus ad aequatorem inclinatio est pro variis temporibus diversa. Ex quibus caussis necessario sequi debet non modo quaedam in aequinoctiorum praecessione inaequalitas , verum etiam illa modicissima et continua axis terrestris a suo parallelismo deflexio , quam *nutationem* Astronomi vocant (1137).

1139. Ex iisdem et similibus caussis , nempe attractionibus Planetarum et Solis, oriri debent in illorum motibus *perturbationes* et *inaequalitates* , quarum aliquae dicuntur *saeculares* , quia lentissime

(1) Vulgo dicitur brevitatis caussa diebus 365, 5,49'.

fiunt, et motus elliptici elementa affectant : aliae vero dicuntur *periodicae*, quia earum periodi breviores sunt periodis illarum, et a Planetarum figura pendent. Inter has enumeranda est assidua *obliquitatis eclipticae mutatio*, ut ex observationibus etiam colligere possumus. Veteribus sane Aegyptiis, juxta Diodori Siculi narrationem persuasum erat, eclipticam in rerum initio ad rectos angulos fuisse cum aequatore intersectam; deinde a recto angulo sensim discessisse, adeo ut post annos 100 decrementum minut. fere 52″ Astronomi fieri statuant. Bis mille abhinc annis, aetate Aristarchi Samii, qui annis 300 ante Christum floruit, obliquitas eclipticae grad. 24 habita fuit; tempore Ptolomaei, anno nempe post Christum 140, grad. 23, 51″ inventa est, nostro autem aevo est gr. 23, 28′.

1140. Diximus (1068) sidera non verticalia ex Telluris superficie visa, per parallaxim depressiora apparere : nunc autem addendum, eadem per *lucis refractionem* conspici altiora, quam reipsa sunt. Lucis enim radii, ut demonstravimus (629), procedentes a sideribus non verticalibus, spectatoris oculos pervadere nequeunt, quin in atmosphaera refringantur, per viam curvilineam incedant, simulque sidera altiora apparere faciant. Quumque refractio in atmosphaera fieri incipiat; major aut minor sideris refractio non a majori vel minori ejusdem a Tellure distantia, sed a diversa incidentiae obliquitate, et atmosphaerae densitate pendet. Incidentiae obliquitas est causa, cur refractio in horizonte sit maxima, in zenith minima, in locis intermediis media: a diversa atmosphaerae densitate fit, ut refractio major sit hieme, quam aestate; aëre vaporibus referto, quam puro siccoque; in frigidioribus, quam in calidioribus regionibus: denique ambae hae caussae concurrunt ad refractionem horizontalem maximam efficiendam. Et re quidem vera, notum est Lunam, Solem, aliaque sidera nostris oculis sese conspicienda praebere 4 vel 5 minutis antequam oriantur, vel postquam occiderint. Atque inde factum est, ut Astronomi pro suis corrigendis observationibus tabulis quibusdam utantur, in quibus refractionis quantitates notantur; et pro iisdem capiendis loca editiora eligant, humiliora respuant.

1141. Refractio quam subeunt Solis radii in atmosphaera, est etiam *crepusculorum* causa. *Crepusculi* nomine intelligitur crepera illa et dubia lux, tum vespere post Solis occasum, tum mane ante ejus ortum conspicua. Videmus enim, occidente Sole, partem coeli occidentalem rubro et flavo colore tingi, dum interea ejus pars orientalis colore rubro dilutiori inspergitur. Sole statim occaso, in orientali plaga segmentum caeruleum subobscurum rubra fimbria circumfusum conspicimus, quod sensim versus zenith dilatatur, dum interea occidentalem versus color niger suboscurior eadem proportione evadit: tunc autem aliquae Stellae nobis se praebent

conspiciendae, et occidentem versus apparere pergit segmentum lucis albae dilutioris. Haec lux, quae sensim etiam decrescit, et post aliquod temporis intervallum etiam evanescit, *splendor crepuscularis*, seu *crepusculum* appellatur. Idem phaenomenon, sed ordine prorsus inverso, mane locum habet (1). Ejus caussa non aliunde, quam in atmosphaera, quaerenda est. Si namque Tellurem nulla ambiret aut involveret atmosphaera, ea sola coeli pars luceret, quam Sol occupat; aversa a Sole spectatoris facie, is nocturnas tenebras statim sentiret, et interdiu, lucente Sole, minimae etiam Stellae micarent, quum nullum foret corpus Solis radios ad nostros oculos reflectens; at circumfusa Telluri atmosphaera, a Sole valide illustrata, lucis radios ad nos repercutiens, totum coelum clarescere facit; et inde fit, ut atmosphaerae splendore stellarum lumen obscuretur. Praeterea, si Tellus atmosphaera expers foret, immediate Sol splendidissime luceret ante suum occasum, et statim ac occideret, densissimae ingruerent tenebrae: qui tam subitaneus noctis adventus, et a luce ad tenebras transitus admodum nostris oculis esset incommodus. Sed per atmosphaeram fit, ut post Solis occasum, etsi nulli directi ad nos pervenire possint ejus radii, reflexa tamen luce per aliquod tempus fruamur, et nonnisi paullatim obrepant noctis tenebrae. Postquam enim Tellus vertigine sua nos e Solis conspectu subducit, nobis sublimior aer ab illo illustratus manet, coelumque totum ejus luce perfunditur. Verum magis magisque descendente Sole, minus continuo illustratur aer; adeo ut, postquam Sol decimum octavum infra horizontem attigerit gradum, atmosphaeram ulterius illustrare desinat, et aer totus tenebrescat. Similiter mane quum Sol ad 18 ab horizonte gradum pervenerit, incipit atmosphaeram illuminare, coelumque luce perfundere, quae usque ad Solis ortum jugiter crescit, donec hujus radii directe oculos nostros pertingant. Rationem autem, ob quam *circulus crepusculorum finitor* ultra gradum 18 infra horizontem extendi non potest, petunt Astronomi ex altitudine atmosphaerae, quam milliaria fere 40 non excedere in Meteorologia (941) diximus (1).

(1) Le sembianze del crepuscolo mattutino non sono punto diverse da quelle del vespertino, se non che nell' ordine inverso con cui procedono. Pur come la mattina ci arrecano il dono prezioso della luce, e la sera ce lo rapiscono, perciò il crepuscolo mattutino ha sempre fatto singolarmente le delizie degli uomini, e suscitato nella fantasia dei poeti le imagini più brillanti. La luce che si rompe nel traversar le bollicole di acqua che forman le nubi, dispiega i colori che cela dentro sè stessa, e dipinge le nuvole, creando quelle vedute maestose, incantatrici e sempre varie che annunziano prossima la venuta del Sole. Ecco l'alba, ecco la Dea del mattino, che colle dita di rose schiude le porte dell'oriente; ecco la figlia dell'aria e del Sole, il cui trono, sopra tutt'altri magnifico, è portato dall'atmosfera. Al suo comparire s'apre la scena del mondo, sotto i suoi passi spuntano i fiori e s'alzano a gara a riceverla vasti edifizii, alte cupole, amene campagne. Ella rende all'uomo le braccia e l'ingegno; agli animali che deon servirlo, il moto e la forza; alla società che moltiplica all'infinito i

1142. Assignata hoc modo crepusculorum caussa, nunc de eorum duratione quaedam dicenda sunt. Cujus durationis nulli certi limites statui possunt; pendet enim a temporis intervallo, quod Sol impendit in percurrendis illis 18 gradibus inter horizontem et *crepusculorum finitorem* positis. Si Sol quotidie ex eodem coeli puncto oriretur, crepusculorum duratio eadem semper esset toto anni tempore. At quum Sol quotidie suum mutet situm, et magis vel minus ad horizontem pro diversis anni temporibus inclinetur; patet, quo magis oblique in suo itinere pergit, eo majus temporis intervallum in illo percurrendo impendere, et viceversa. Ex diversitate igitur obliquitatis, qua Sol in suo motu apparenti graditur, diversa crepusculorum duratio in diversis anni tempestatibus oritur: adeo ut pro certo statui possit, *ad aequatorem crepuscula brevi durare; prope polos vero diu multumque durare.* Sed et in una eademque regione crepusculorum duratio potest etiam esse varia tum ob diversam atmosphaerae altitudinem, tum ob quantitatem aerearum particularum ad lucis reflexionem idonearum. Hieme frigore condensatus aer humilis est, et exinde cito finiuntur crepuscula: aestate rarefactus aer altior est, et diutius a Sole illustratur, unde protrahuntur crepuscula: quin etiam duratio crepusculi vespertini longior est matutino; atmosphaera enim vespere elatior est propter conceptum diurnum calorem: adeoque radius solaris diutius in ipsam impingens, diutius etiam refringitur ac reflectitur. E contrario diutius perdurat in regionibus frigidioribus; tum quia solaris radius in atmosphaeram impingens refractionem patitur ad perpendiculum accedendo (629); tum quia eadem lux refracta per atmosphaeram pergens, et in particulas aqueas et niveas per eam ibi innatantes incurrens, ab iisdem reflectitur, et ad spectatorem dirigitur.

1143. Ex dictis sequitur 1.° in sphaera recta (1055) ob rectum Solis descensum et ascensum toto fere anni tempore brevi durare crepuscula: 2.° in sphaera parallela eadem ultra duos menses durare: in hac enim sphaerae positione aequator vice horizontis fungitur; quumque aequator a tropicis per gradus $23\frac{1}{2}$ distet, eosque Sol tribus integris mensibus percurrere videatur; patet, plusquam duos menses Solem impendere debere, ut ad gradum 18^{m}, nempe ad crepusculorum finitorem deveniat; ideoque totidem mensium spatio alterutrum crepusculum perdurabit, duplaque erit

godimenti, ma anche gli affanni di lui, l' attività e la fecondità degli scambievoli ufîci. Se non che quanto, ahimè, siam noi torpidi e pigri al confronto del celeste cursore! Passa il giorno sì presto che appena ce ne accorgiamo, e la luce ci trova e ci lascia sovente con le mani in mano. Ella torna poi sempre; ma a noi fuggono intanto e irrevocabilmente le forze, la salute, la vita. Cagnoli, *Notiz. astron.* n. 128.

utriusque crepusculi duratio : 3.° in sphaera obliqua propter obliquum Solis ascensum et descensum inaequaliter durare crepuscula ; et quidem eo diutius , quo sphaera est obliquior , seu quo major est loci latitudo ; adeo ut qui ultra 48 gradus ab aequatore distant, in solstitiis aestivis aerem per totam noctem clarescere videant, nullusque fiat crepusculorum finis, in quo merae sint tenebrae. Hinc Astronomi Tabulas confecerunt , in quibus crepusculi matutini initium, et finis vespertini pro singulis regionibus signantur. Harum, cujus cognitio valde utilis est, specimen hic afferimus.

Ex. gr. in Provincia Quito, prope aequatorem sita, brevius crepusculum evenit aequinoctiorum tempore, et durat hora 1, min. 10; longius non excedit horam 1, min. 16.

	crepusculum brevius	longius
Romae	1h., 34′	2h., 26′
Parisiis	1h., 47′	per totam noctem durat a die 12 ad 30 Iunii.
Londini	1h., 52′	per totam noctem a die 22 Maji ad 21 Iulii.
Petropoli	2h., 21′	per totam noctem a die 21 Aprilis ad 21 Augusti.
Torneae	2h., 54′	per totam noctem mensibus 5 , a die 5 Aprilis ad 26 Septembris.

Denique si qui Polum borealem incolunt , crepusculo continuo gaudent mensibus fere quatuor, nempe a die 29 Ianuarii ad 17 Martii, et a die 25 Septembris ad 12 Novembris ; adeo ut nox illa semestris ex crepusculorum beneficio fere ad duos menses redigatur ; in quo temporis intervallo quum Luna duabus vicibus pleno orbe fulgeat, patet qua ratione vitam minimo incommodo illi degere possint.

1144. *Fixarum aberratio.* Ex Telluris circa Solem annuo motu , et a successiva lucis propagatione (550) pendet aliud phaenomenon, quod veterum Astronomorum torsit ingenia , *fixarum* nempe *Stellarum aberratio*, quam recentiores veluti mathematicam demonstrationem motus tum Telluris, tum lucis tenent. Haec Fixarum *aberratio* in eo consistit, quod Stellae in loco aliquantulum diverso apparent ab eo, in quo reipsa existunt; idque ita explicatur. Quum lux a Sole emissa intervallo minutorum 8′, 13″ ad nostram Terram perveniat , scilicet milliaria fere 82 500 000 percurrat ; Tellus autem eodem temporis intervallo arcum milliariorum 7903 suae orbitae describat; patet, lucis celeritatem esse ad celeritatem Telluris, ut 82 500 000: 7903, seu ut 10313 : 1. Lucis itaque ra-

dius a quovis sidere emissus, et in nostros oculos impingens, a duabus simul viribus impellitur, nempe ab illa, qua nos motu communi cum Tellure movemur, et ab illa, qua lux successive propagatur; a sua priori igitur directione deviabit; quumque de objectorum situ ex ultima radii luminosi directione nos judicemus (552), sidus illud in situ ab eo diverso, in quo reipsa est, judicabimus: quumque manifestum sit, hoc phaenomenon ex sola sensibili ratione, quam Telluris velocitas ad lucis velocitatem habet, pendere; evidens etiam est, in illo producendo majorem vel minorem sideris distantiam nihil conferre. Effectus hujus aberrationis est, ut Stella quaelibet semper apparere debeat in situ, qui per minuta 20″, 253 suum situm realem antecedat; isque motus fit semper per eamdem semitam, qua defertur Tellus. Haec aberratio efficit, ut Astronomi in computandis siderum ascensionibus rectis, declinationibus etc. quaesdam *correctiones* inducere necessario debeant, si alicujus sideris situm, et horam, quae per meridianum pertransit, accurate determinare velint: ex quarum correctionum usque ad Bradleyum neglectu plurimos errores in astronomicis calculis irrepsisse compertum est (1).

1145. Post Telluris descriptionem hic de ejus Satellite, nempe de Luna quaedam dicenda essent: at quum plura sint, quae circa hoc noctis Luminare scitu digna sunt, consultius ducimus seorsim de illa inferius loqui.

ARTICULUS QUARTUS

DE PLANETIS SUPERIORIBUS.

§. 1. *De Marte.*

1146. Progredimur nunc ad Planetas superiores, quorum nempe orbitae terrestrem orbitam ambiunt ac involvunt. Inter eos primus est Mars, utpote qui minus a Sole distat, estque Terrae vicinior. Ejus diameter apparens varia est; aliquando enim est minutorum 12″, aliquando vero (ubi nempe Telluri est vicinior) minuta 18″ pertingit. Diximus (1116) eum a Sole distare milliaribus fere 126 000 000; ejus orbitam inclinari (1121) grad. 1°,51′, 5″; tempus periodicum suae circa Solem conversionis (1112), seu ejus annum planetarium esse dierum 686, 97904; scilicet unius anni, decem mensium, dierum 22. Ejus discus telescopii ope modo rotundus, modo gibbus apparet, nunquam novus. Apogeus est in sua cum Sole conjunctione, perigeus vero est in sua cum Sole

(1) Vide Francoeur, *Uranographie*, n. 128.

oppositione; tunc autem sexies major apparet, quam in apogeo. In conjunctione et oppositione *pleno orbe* fulget, quia tunc totum hemisphaerium a Sole collustratum nobis obvertit; id quod veritatis Systematis Copernicani indicium manifestum esse diximus n. 1098. In ejus superficie maculae quaedam deprehenduntur, quae intra datam temporis periodum evenescunt, ac denuo apparent; ex quarum motu intulerunt Astronomi illum circa proprium axem ab occasu in ortum intra horas 24, 39′, 21″ converti (1082). Ejus axis relate ad suam orbitam inclinatur gradibus 28°, 42′: ex hac autem inclinatione simul, et ex ejus magna excentricitate fieri debet, ut anni tempora in hoc Planeta vicissitudines valde majores, quam in Tellure, subire debeant. Ejus volumen est $\frac{1}{6}$ voluminis nostrae Telluris; ejus diameter vera est milliariorum 3556; ejus densitas est ad Telluris densitatem ut $\frac{10}{13}$: 1. Lux et calor in Marte relate ad lucem et calorem Telluris sunt ut 4 : 9; hi duo numeri enim sunt quadrata numerorum 2 et 3, qui rationem exprimunt distantiarum Telluris et Martis a Sole; manifestum est autem lucis et caloris efficaciam enodari in ratione inversa duplicata distantiarum. Martis lumen est subrubicundum, unde facile a reliquis Planetis etiam nudo oculo discernitur. Ex hoc intulerunt quoque Astronomi densiori atmosphaera illum involvi, quae Solis radios ibi impingentes valide refringat; idque eo magis verum esse statuerunt, quod Stellae aliquando sub ejus disco transeuntes sensim obscurari videantur. Lux illa subrubicunda, quam Mars emittit, illius substantiae solidae naturam innuit, illi prorsus similem, quam nostrae Telluris loca sabulosa exhibent; alias vero ejus partes, quae aliquantulum caeruleae apparent, maria vel liquida his similia esse suspicantur Astronomi. Equidem hae maculae non semper hanc colorum diversitatem distincte exhibent; et quoties observari possunt, eamdem semper speciem prae se ferunt. Regiones circa ejus polos, seu circa extremitates ejus axis sitae, albo splendore circumfusae videntur; ex quo intulerunt Astronomi, illas, ut regiones polares nostrae Telluris, glacie operiri, quae alterna vice liquefit, prout alteruter Martis polus Solis actioni exponitur.

Illud mirum est, cur Mars nullo Satellite instructus sit, dum interea Tellus, quae Soli vicinior est, suum habeat Satellitem, nempe Lunam, reliqui vero Planetae superiores pluribus Satellitibus sint stipati. Ex hoc liquet, noctem in Marte semper tenebris obduci debere, vel Supremum Naturae Auctorem alia via huic incommodo occurrere debuisse, quam nosse nostra nihil refert.

§. II. *De Asteroidis.*

1147. Hoc nomine donantur octodecim Planetae nuperrime intra Martem et Iovem detecti, eo quod sint reliquis minores, et (ut diximus n. 1093) tantum telescopii ope visibiles. Veteribus Astronomis persuasum erat, nullum alium Planetam inter Martem et Iovem extare. Keplerus sub finem saeculi XVI omnium primus quum observasset, reliquorum Planetarum distantias a Sole fere duplam servare inter se rationem, distantiam vero inter Martem et Iovem servare rationem fere quadruplam (1115), suspicatus est, inter hoc spatium alicujus Planetae existentiam. Saeculo proxime elapso omnes Astronomi hanc Kepleri opinionem animo revolventes, et institutis supputationibus, adeo probabilem hujus Planetae existentiam putarunt, ut de industria illum in coelo exquisierint. Hinc factum est, ut initio hujus saeculi detecti fuerint quatuor ex his asteroidis, et nuperrime alii quatuordecim. Quumque omnes hi octodecim asteroides parum inter se distent, eorumque orbitae sese mutuo intercipiant et secent, ac in pluribus elementis inter se maximam habeant analogiam; quidam Astronomi putant, hos omnes sub rerum initio unum eumdemque Planetam efformasse, qui deinde ex violento alicujus Cometae (ad quem semper Astronomi pro explicandis grandioribus mundi phaenomenis opportune et importune confugiunt) impulsu in partes inaequales fractus, effecit, ut illi diverso itinere suas orbitas percurrere inceperint. Quidquid sit de hac ingeniosa hypothesi, quae Iunoni et Vestae detegendae occasionem Astronomis praebuit, et in Dissertatione hac de re a celebri Lagrangia edita evolvitur, certum nunc est, omnes hos Planetas, qui a reliquis probe distincti observari solent, pro eorum tum natura, tum voluminibus, eas inter se relationes habere, ut ipsorum communis origo tamquam probabilis admitti debeat.

1148. *Cererem* primus omnium Panormi detexit P. Ioseph Piazzi Cler. Regularis Theatinus, die 1 Ianuarii, anno 1801: *Palladem* D. Olbers Bremae, die 28 Martii, anno 1802; *Iunonem* D. Harding Lilientali, die 1 Septembris, anno 1804; et *Vestam* idem Olbers die 29 Martii, anno 1807, etiam Bremae. D. Heuke detexit *Astraeam* anno 1845, *Hebem* vero anno 1847; D. Hind detexit *Floram* et *Iridem* eodem anno 1847, et *Victoriam* anno 1850; D. Graham detexit *Metim* anno 1848, denique Hannibal de Gasparis Neapolitani Observatorii Alumnus sub initio anni 1849 Neapoli detexit *Igaeam*, cui *Borbonicae* cognomen adjunxit, ut Regi nostro Ferdinando II.° Scientiarum Maecenati debitum honorem redderet, *Parthenopem* vero et *Aegeriam* anno 1850.

Ceres suam orbitam describit spatio dierum 1681, 723^{h}, nempe annorum 4, mens. 7, dierum 11. Ejus distantia a Sole est millia-

riorum 229 000 000 ; inclinatio orbitae est 10°, 37′, 30″, 4 ; ejus diameter, juxta Schroeterum, est milliariorum 1063, juxta Herschel est milliariorum 160 , et speciem Stellae nebulosae exhibet, quam densissima et variabilis atmosphaera involvit.

Pallas eodem fere intervallo, nempe milliariorum 230 000 000, distat a Sole , circa quem suam circuitionem peragit spatio dierum 1686, 305, nempe annorum 4, mens. 7, dier. 13. Ejus orbita inclinatur grad. 34°, 37′, 28″ , quae inclinatio est maxima omnium orbitarum. Ejus diameter, juxta Herschel, est milliariorum 125 , unde sequitur, ejus volumen parum a Cereris volumine differre.

Iuno distat a Sole milliaribus 221 000 000, et circa illum revolvitur spatio dierum 1593, 068, nempe annor. 4, mens. 4, dier. 13. Ejus orbita inclinatur grad. 13°, 4′, 57″ : ejus volumen est Cereris volumine minus.

Vesta distat a Sole milliar. 196 000 000. Suam circuitionem peragit intervallo dierum 1325 , 485 ; nempe annorum 3 , mens. 8, dier. 5. Eius orbita inclinatur grad. 7°, 7′, 51″. Ejus volumen est 0,0015 voluminis Telluris; ejusque superficies, inquit Francoeur, est fere superficiei Hispaniae aequalis. Hic Planeta est minimus horum quatuor , et ampliori prae illis omnibus splendore fulget. Ceres et Pallas ampliori, quam reliqui Planetae, atmosphaera donantur. In Vesta nulla adhuc atmosphaera deprehendi potuit.

Reliquorum Planetarum, qui nuperrime detecti fuerunt, tempora periodica , eorumque tum relativas , tum absolutas a Sole distantias jam indicavimus in n. 1115, 1116 , 1117.

Hoc denique anno 1852 alii quinque Planetae detecti fuerunt ; et quidem die 17 Martii Hannibal de Gasparis detexit *Psychen*; die 17 Aprilis Luther detexit *Thetim*; die 24 Junii Hind detexit *Melpomenem*; idem Hind die 22 Augusti detexit *Fortunam* ; denique de Gasparis die 19, et Chacornac die 20 Septembris detexerunt *Temim* vel *Massiliam*. Horum Planetarum elementa hic omittimus , quia e Speculae Astronomicae scriniis nondum prodiere.

§. III. *De Jove.*

1149. Jupiter , omnium Planetarum maximus , quemadmodum Ethnicis erat Deorum maximus, adeo vivido fulget lumine , ut aliquando Veneris splendorem vincat. Ejus diameter vera est milliar. 80 060; diameter autem apparens, pro majori vel minori ipsius a Tellure distantia, modo minutorum 30″, modo minut. 46″ invenitur. Hinc ejus volumen 1281 vicibus Telluris volumen superat. Ejus orbita ambit orbitas octodecim Planetarum hoc saeculo detectorum , et orbitas Martis , Telluris , Veneris et Mercurii. Distantia ejus a Sole est milliariorum 431 000 000; superat nempe distan-

tiam Telluris a Sole, seu eclipticae radium, $5\frac{1}{2}$: hinc Sol a Jovis incolis videri debet sub angulo ad summum minut. 6′, ejusque discus videri debet 27es minor quam a Tellure, et calor eadem proportione in Jove minui debet. Suam orbitam circa Solem describit spatio dierum 4332, 58482, seu annorum fere 12; unde sequitur, illum intra 12 dies unum gradum suae orbitae percurrere. Ejusdem orbitae ad eclipticam inclinatio est grad. 1.°, 18′, 51″, 5: ejus aequator suam eclipticam secat sub angulo grad. 4°, 6°, 30″. Quum itaque ejus axis fere perpendiculariter suae orbitae insistat, Sol parum ab ejus aequatore digreditur; unde sequitur, in hoc Planeta temperiem vel nulli, vel exiguae admodum varietati esse obnoxiam. Convertitur circa proprium axem intra horarum 9, 55′, 33″ intervallum; noctes semper diebus fere aequantur, et dies longissimus est horarum 5. Hanc Jovis circa proprium axem rapidam conversionem ex macularum, quae in ejus superficie existunt, motu intulerunt Astronomi: duabus namque vittis ad aequatorem parallelis instructus apparet; nec non pluribus aliis, quae inter se numero et directione variant, se se intersecant, certas distantias non tuentur, aliquando evanescunt; ex quo suspicarunt Astronomi illas nihil aliud esse, nisi nubes, quae a ventis diversa celeritate in illius atmosphaera valde concitata feruntur. Denique Jovis figura est sphaeroidea, nam radius aequatorialis ad radium polarem est ut 107: 100; idque ex ejus celeriori rotatione circa proprium axem evidenter etiam liquet. Phases, quas experitur, ob ejus a Tellure distantiam oculis discerni nequeunt; id quod etiam in Saturno et Urano, qui magis a nobis distant, evenire debet. Quatuor denique Satellitibus Jupiter est instructus, de quibus inferius loquemur.

§. IV. *De Saturno.*

1150. Jovem sequitur Saturnus, qui ob ingentem a Sole distantiam pallida luce nitet, plumbeoque donatur colore, quamvis ejus volumen 772 vicibus Telluris volumen excedat. Ejus diameter vera est milliariorum 65 332; diameter autem apparens est aliquando 16′, aliquando vero 20′. Ejus a Sole distantia est milliariorum 790 000 000; scilicet novies $\frac{1}{2}$ distantiam Telluris a Sole superat. Ejus orbita ad eclipticam inclinatur gradibus 2°, 29′, 38″, 1. Tempus periodicum, intra quod suam orbitam describit, est dierum 10759, 21981, seu annorum 29, mens. 5, dier. 24; adeoque unum suae orbitae gradum fere intra 30 dies percurrit, unum signum intra dies 900, seu annos $2\frac{1}{2}$. Herschel observa-

vit ipsum circa proprium axem ab occidente in orientem moveri intra horas 19, 29′, 17″; ex quo fit, ut ejus diameter polaris diametro aequatoriali sit duodecies minor. In ejus superficie discernuntur etiam fasciae quaedam ad ipsius aequatorem parallelae. Sol Saturni habitatoribus octuagies minor, quam terricolis, videri debet, et sub angulo minut $3' \frac{1}{2}$. Ejus lux et calor proinde octogies debiliora in Saturno, quam in Tellure, esse debent.

1151. Admirabilia sane sunt, quae de Saturni figura observarunt Astronomi; anno siquidem 1616 rotundum Hugenius Saturnum vidit, sectumque a fascia in duas partes; duobus postea veluti brachiis, seu auriculis instructum anno eodem adspexit; zona autem depressior erat, ut illius planum transire non videretur per centrum; anno denique 1657 ansis duabus *ab*, *fg* (Fig. 16.) hinc inde praeditum observavit, et per earum spatia *b* et *f*, ubi Saturni discum non contingebant, Stellae ultra discum sitae fiebant conspicuae. Hinc omnium primus edixit Saturnum ambiri *annulo* quodam, qui planus esset, tenuis, corpori Planetae prope ejus aequatorem concentricus, ab eoque omnino secretus, eo fere modo, quo globi artificiales coelestes et terrestres circulis mobilibus horizonte et meridiano ambiuntur; hujus autem annuli variam relate ad Solem dispositionem efficere, ut Saturnus modo rotundus, modo ellipticus, modo quibusdam ansulis praeditus appareat. Accuratiores de Saturni annulo observationes edidere Cassinius et Maraldus initio saeculi proxime elapsi; nostris autem temporibus Herschel et Arago; qui omnes Huygenii propositiones uberius et luculentius demonstrarunt. Et re quidem vera, quum Saturni axis sit aequatori, ac proinde annulo perpendicularis, et ad eclipticam gradibus 28, 6′ inclinetur; uterque autem eodem intervallo, horarum nempe $10 \frac{1}{2}$, circa hunc axem volvatur, fieri debet, ut quum Saturnus ita dispositus est, ut ambo ejus poli aeque ad Solem inclinentur, tunc ejus annuli crassities Soli obvertatur; quum autem propter suam tenuitatem nullum vel fere nullum lumen reflectat, tunc inconspicuus fit annulus, ideoque Saturnus apparet sphaericus, et tantum nigra fascia obductus; quum denique unus ex Saturni polis magis quam alter versus Solem inclinetur, tunc Solis radii in annuli latitudinem directe incidunt, eo autem tempore hic annulus sese conspiciendum praebet: quum vero hunc situm sensim acquirat et amittat, illius ansulae paullatim augeri ac minui debent. Diversi hi aspectus, sub quibus Saturnus nobis se conspiciendum exhibet, singulis 15 annis complentur; annulus proinde sicuti inconspicuus fuit anno 1848, ita inconspicuus erit annis 1862, 1878, 1893, etc. Annuli diameter est ad Planetae diametrum

fere ut 7:3; crassities plani ejusdem annuli, nempe *aa'* aequalis est crassitiei hemisphaerii terrestris: annuli latitudo, nempe *ab*, est $\frac{1}{5}$ diametri Saturni. D.[s] Struve enim invenit, Saturni radium *Sc* esse $= 9''$; radium circuli interioris *Sb* ejusdem annuli esse $= 13'', 4$; radium denique circuli exterioris *Sa* esse $= 20'', 1$: hinc spatium vacuum, nempe *bc* est $= 4'', 4$. Annulus ipse ex duobus annulis concentricis, ab invicem distinctis quadam linea nigra et circulari, efformatus videtur, qui simul moventur. Ex D[ni] Herschel observationibus constat annuli materiam densiorem esse materia ipsius Planetae; lux enim, quam annuli externa superficies reflectit, vividior est ea, quae a Planeta reflectitur. Saturnus denique septem Satellitibus stipatus est; qui tamen, aeque ac annulus, ob ingentem hujus Planetae distantiam nonnisi optimi telescopii ope observari possunt.

§. V. *De Urano, ac Neptuno.*

1152. Omnibus retroactis temporibus Urani Planetam a Stellis exiguae magnitudinis Astronomi discernere nequiverunt; at Guill. Herschell, anno 1781, efformato sibi magno illo telescopio catadioptrico, cujus mentionem fecimus (708), invenit hoc sidus, quod lente movebatur, esse verum Planetam iu ingenti a Sole distantia locatum. Tempus, quod in percurrenda sua orbita impendit, est dierum 30686, 823; seu annorum 84, 28 [dier]; haec orbita ad eclipticam nonnisi $0,46',26''$ inclinatur; radius autem ejusdem orbitae, seu a Sole distantia, est milliarior. 1589 000 000. Nullum adhuc in hoc Planeta detegi potuit rotationis indicium: probabile autem est, illum circa suum axem gyrare non secus ac Jupiter et Saturnus, intervallo 9 vel 10 horarum. Ejus diameter apparens est $4'$; diameter vera milliariorum 32 724; ejusque volumen idcirco octuagies circiter Telluris volumen magnitudine excedit: attamen nudis oculis haud facile discerni potest; adeo ingens est ejus distantia! Sex Satellites etiam Uranum stipant, de quibus inferius.

1153. Usque ad annum 1845 putabant Astronomi Uranum esse extremum omnium Planetarum nostri Systematis; at D.[s] Leverrier qui in exquirendis caussis perturbationum Urani ope analysis mathematicae totus occupabatur, die 1° Junii sequentis anni 1846, iisdem ductus rationibus, quibus Keplerus alium Planetam inter Martem et Jovem suspicatus est (1147), *a priori* ultra Urani orbitam alium Planetam existere debere Academicis Parisiensibus his verbis enunciavit: » Planeta perturbationes in Uranum inducens existit. Ejus longitudo die 1° Januarii 1847 erit graduum 325 circiter ». Die 18 Septem-

bris 1846 idem Leverrier suas conclusiones misit D[no] Galle Astronomo Berolinensi, qui statim telescopium ad coelum dirigens in puncto, quod Leverrier indicaverat, Planetam prophetatum invenit ad gradus 327 longitudinis, eique *Neptuni* nomen indidit. Ejus diameter est milliarior. 37000; volumen 158 vicibus Terrae volumen excedit; suam orbitam, cujus radius est milliariorum fere 2 502 000 000, intervallo 202 annorum describit. Hujus mirabilis detectionis historiam in subjecta nota legere poteris (1).

(1) La Storia conserva con orgoglio i nomi di alcuni Astronomi felici, i quali riconobbero nel Cielo l'esistenza di pianeti fin allora ignorati; ma queste scoverte non avevano in loro stesse niente di inusitato e d'insolito; esse non uscivano dal quadro dei nostri mezzi abituali di esplorazione.... I pianeti Urano, Cerere, Pallade, e tutti gli altri piccioli pianeti sono stati riconosciuti studiando col telescopio le diverse regioni del Cielo. Ma Leverrier procedette con un metodo diverso e ben altrimenti rimarchevole. Egli non ebbe bisogno di alzare gli occhi verso il Cielo, e senz'altro soccorso che il calcolo, senz'altro istrumento che la sua penna, annunziò l'esistenza di un novello pianeta, che circola ai confini del nostro universo a mille dugento milioni di leghe lontano dal Sole. E non solamente egli asserì la sua esistenza, ma determinò la situazione assoluta, e le dimensioni della sua orbita, ne valutò la massa, regolò il suo movimento, ed assegnò la sua posizione ad un'epoca determinata; di maniera che senza aver una sola volta messo l'occhio ad un cannocchiale, senza aver giammai osservato egli stesso, potè dire agli Astronomi: « Nel tale giorno, alla tale ora, dirizzate il vostro telescopio verso la tale regione del Cielo, e voi osserverete un novello Pianeta. Nessun occhio umano lo ha visto ancora; ma io lo veggo cogli occhi infallibili del calcolo ». E l'astro fu riconosciuto precisamente nel luogo indicato da questa straordinaria profezia. Ecco ciò che forma la grandezza e l'originalità ammirabile di questa scoverta, positivamente unica nella storia delle Scienze....

Il sig. Leverrier il dì 1 Giugno 1846 annunziava pubblicamente all'Accademia delle Scienze di Parigi questo memorabile risultamento: *Il Pianeta che perturba Urano esiste. La sua longitudine il 1. Gennaio 1847 sarà di 325 gradi, senza che possa esservi un errore di 10 gradi su tale valutazione.*

Intanto per assicurare la scoverta materiale del novello pianeta, per affrettarne l'istante, bisognava determinare con maggior rigore la sua posizione in un giorno dato, cioè a dire il luogo del Cielo verso il quale bisognava dirigere il telescopio per osservarlo. Il sig. Leverrier intraprese questo nuovo lavoro. Tre mesi gli bastarono per eseguire l'immensa fatica che si richiedeva, ed il 31 Agosto 1846 ne presentava i risultamenti all'Accademia delle Scienze. L'illustre Astronomo dava in questa memoria valori più approssimati degli elementi del suo pianeta. Egli fissava la sua longitudine a gradi 326, 5, invece di 325, e la sua distanza attuale a 33 volte la distanza della Terra dal Sole, invece di 39 volte, come lo richiedeva la legge empirica di Bode.... Annunziò che la massa del suo pianeta sorpasserebbe quella di Urano, che il suo diametro apparente ed il suo splendore sarebbero soltanto un poco minori, di modo che non solo si potrebbe osservarlo con buoni cannocchiali, ma ancora che si potrebbe distinguerlo senza pena dalle Stelle vicine, grazie al suo disco sensibile; egli aggiungeva infine, che per iscovrirlo bisognava cercarlo cinque gradi all'est della Stella δ del Capricorno.

Da questo momento, per confessione di tutti gli Astronomi, il novello pianeta era trovato. Infatti la sua scoverta fisica non si fece aspettare. Il 18 Settembre Leverrier annunziava i suoi ultimi risultamenti all'Osservatorio di Berlino. Uno degli Astronomi, il sig. Galle, ricevette la lettera il dì 23. Egli mise tosto l'occhio al cannocchiale, lo diresse verso il punto indicato, e riconobbe in questo luogo una piccola stella, che si distingueva pel suo aspetto dalle stelle circostanti, e che non era segnata sulla carta di questa regione del Cielo. Egli ne fissò subito la posizione. Il giorno seguente una tale posizione si trovò cangiata, e lo spostamento si era operato nel senso predetto: questa era dunque il pianeta. Il sig. Galle si affrettò di annunziar

1154. Ex iis, quae huc usque diximus, sequitur,

1.° Planetas omnes, qui nunc cognoscuntur, esse 26 ; quorum sex a remotissima antiquitate noti fuerunt; Uranus detectus fuit saeculo proxime elapso, reliqui novendecim ab anno 1801 ad annum 1852 : quumque hi postremi nonnisi telescopii ope observari possint, idcirco vocari solent etiam *Planetae telescopici*.

2.° Omnium Planetarum maximum esse *Jovem*, deinde sequi hoc ordine *Saturnum*, *Neptunum*, *Uranum*, *Tellurem*, *Venerem*, *Martem*, *Mercurium*, Planetasque inter Martem et Jovem positos.

3.°Distantias omnium Planetarum a Sole certam legem sequi,quam *Legem D. de Bode* vocare solent, quia hic Berolinensis Astronomus omnium primus, quum Planetarum a Sole distantias inter se comparasset, et *Planetas telescopicos* tamquam unum Planetam antiquitus efformatum spectasset, miram et singularem relationem inter easdem distantias detexit, quae in eo consistit, quod si media Telluris distantia in decem aequales partes dividatur, et una harum partium (ut reliquae distantiae mensurari possint) pro unitate sumatur, invenietur, distantiam Solis

a Mercurio exprimi . . .	numero $4 = 4$ (1)
a Venere	num.° $7 = 4 + 1 \times 3$
a Tellure	num.° $10 = 4 + 2 \times 3$
a Marte	num.° $16 = 4 + 4 \times 3$
a Cerere, Pallade, etc. . .	num.° $28 = 4 + 8 \times 3$
a Iove	num.° $52 = 4 + 16 \times 3$
a Saturno	num.° $100 = 4 + 32 \times 3$
ab Urano	num.° $196 = 4 + 64 \times 3$
a Neptuno	num.° $388 = 4 + 128 \times 3$

duplicando semper multiplicatorem numeri 3. Haec Lex empirica, quae tanquam fortuita spectari potest, id habet utilitatis, ut Planetarum relativas distantias memoria retinere possimus, et occasio

questo fatto al sig. Leverrier, il quale ne ricevette la notizia con gioja senza dubbio, ma senza sorpresa ; egli non aveva nulla a temere per questa parte; la certezza matematica gli bastava per prevedere questo risultamento. Il dì 5 oltobre Leverrier diede conoscenza all'Accademia dell'osservazione del sig. Galle.

Per giudicare della precisione colla quale il sig. Leverrier aveva fissato la posizione del suo pianeta, basta di paragonare due numeri desunti dai suoi calcoli.

La longitudine eliocentrica conchiusa dalle osservazioni del sig. Galle il 1.° oltobre, è . . . . 327°,24'

La longitudine eliocentrica calcolata anticipatamente dal sig. Leverrier, ed annunaiata il 31 Agosto, è . . . . 326°,32'

Differenza 0,52'

In tal guisa la posizione dell'astro era stata preveduta *a meno di quasi un grado*. *Figuier, Histoire des princip. decouvertes scientif. mod. Tom. 2. Plan. Le Verrier.*

(1) $82 : 32 = 10 : 4$.

fuit tum Keplero, tum D[no] Leverrier, ut ille Planetarum telescopicorum suspicaretur existentiam inter Martem et Iovem, hic vero Neptunum detegeret.

1155. Planetarum mutuam dispositionem exhibet Figura 8. Hic autem notandum, orbitarum dimensiones in his figuris, quomodocumque fiant, accurate servari non posse; ea est enim Planetarum a Sole distantia, adeoque orbitarum amplitudo, ut quocumque vel parvo numero exhibeatur, chartae dimensio circulis illis (vel melius ellipsibus) describendis impar invenitur. Et re quidem vera, ait Francoeur (1), si Tellurem repraesentet globus, cujus diameter sit 10 pollicum, quales sunt obvii globi terrestres artificiales; ut distantiarum proportio servari posset, Sol repraesentari deberet a globo, cujus diameter esset 90 pedum, et volumen 400 000 pedum cubicorum: distantia autem hujus globi ab illo esse deberet pedum 10200, ut realem Telluris a Sole distantiam exhibere posset.

Si diameter Telluris fiat 1 pollicis, Solis diameter esset 9 pedum, et 1020 pedibus a Tellure Sol distare deberet; Iovis diameter esset 11 pollicum; Saturni 10 pollicum, Urani 4 pol., Neptuni 7 pol.; Iupiter autem a Sole distaret pedidus 5232, Saturnus ab eodem Sole distaret pedibus 9600, Uranus pebidus 19200, Neptunus denique pedibus plusquam 45000: ita ut a centro horum circulorum nequidem telescopii ope hos postremos Planetas quisquam observare posset (2).

Denique si globus a tormento bellico explosus pedes 2500 uno minuto secundo percurreret, fere unius diei intervallum impenderet ut a Telluris centro ad ejus superficiem pertingeret; impenderet

(1) Francoeur, *Uranographie*, n. 87.

(2) Imaginiamoci un campo, o un prato spazioso, e collochiamovi un globo di due piedi di diametro per rappresentare il Sole: allora Mercurio sarà figurato da un granello di senape che gira lungo la circonferenza di un cerchio di 164 piedi di diametro, Venere da un pisello che gira sopra una circonferenza di 284 piedi di diametro, la Terra da un pisello un tantino più grande che gira intorno ad una circonferenza di 430 piedi di diametro, Marte da una grossa testa di spilla che si muove per una circonferenza di 654 piedi di diametro; Giunone, Vesta, Cerere e Pallade (ed anche gli altri pianeti *telescopici* recentemente scoverti) da fini granelli di sabbia che girano sopra orbite da 1000 a 1200 piedi di diametro, Giove da una arancia di media grandezza che si muove sopra un' orbita di 2200 piedi di diametro, Saturno da una piccola arancia che scorre per una circonferenza di 4000 piedi di diametro, Urano da una grossa ciriegia che si muove sopra un' orbita di 8200 piedi di diametro (e così pure Nettuno da una piccola mela che gira intorno ad un' orbita di 20000 piedi di diametro). Ci guarderemo bene dalla pretensione di dare a questo proposito delle nozioni corrette col mezzo di cerchi descritti sulla carta, o quel che è peggio, per mezzo di quegli *apparecchi puerili*, ai quali si dá il nome di macchine planetarie. Se si volessero imitare i movimenti dei pianeti nelle loro orbite, Mercurio dovrebbe descrivere una lunghezza eguale al suo diametro in 41', Venere in 4', 14'', la Terra in 7', Marte in 14', 48', Giove in ore 2, 56'; Saturno in ore 3, 13', Urano in ore 9, 16',
Herschel *Trat. di Astron. L. 8, n. 449.*

dies $5\frac{1}{2}$ ut ad Lunam, annos vero 6 ut ad Solem perveniret; intra annos 9 perveniret ad Martem, intra annos 31 ad Iovem, intra annos $56\frac{1}{2}$ ad Saturnum, intra annos 114 ad Uranum, intra annos 220 ad Neptunum perveniret. Res sane admirabilis!

1156. Indicia demum, quibus Planetae nudo oculo in coelo a Stellis fixis et ab invicem discerni possint, haec sunt: 1.° Planetarum splendor est aequabilis et uniformis; Stellarum autem lux est mobilis et scintillans. 2.° Venus est Planeta fulgentior post Lunam, et a Sole non recedit plusquam gradibus 48; quare modo illum mane praecedit orientem versus, modo illum sequitur post occasum; Mercurius a Sole non digreditur, nisi per gradus 28; Mars luce rubicunda fulget; Iupiter est Planeta fulgentior post Venerem; Saturnus est plumbeus etc. De cetero, si quis Planetarum situm in coelo quovis anni tempore dignoscere cupiat, adeat Ephemerides; et si cui desit opportunitas illas sibi comparandi, adeat obvium Kalendarium, quod Astronomi Regii Observatorii tum Neapoli, tum in praecipuis aliarum Nationum Civitatibus singulis annis edere solent; in eo namque designantur horae, in quibus singuli Planetae qualibet anni die per meridianum transeunt (1).

(1) Alla semplice vista i pianeti sono in generale simili alle stelle, se non che quelli non hanno *scintillazione* allorchè sono elevati sull' orizzonte: come questo carattere è assai dubbioso, ecco il mezzo di distinguere questi astri. Noi supponiamo che siasi appreso a ben riconoscere le costellazioni, e che ciascuno si abbia reso familiari i nostri planisferi, e gli usi che loro sono proprii. Siccome i grandi pianeti si allontanano poco dall' ecclittica, e d' altronde il zodiaco non contiene altre stelle primarie che Aldebaran, Regolo, la Spica, e Antares, se percorrendo l' ecclittica si vede una Stella differente dalle quattro precedenti, e di un splendore presso a poco egualmente vivo, si può esser sicuro che dessa è Venere, o Marte, o Giove, o Saturno; non può rimanervi indecisione che tra questi quattro corpi. Consultando i planisferi, non si troverà quest' astro al posto che dovrebbe occupare se fosse una Stella. Il suo posto cangia ogni giorno relativamente alle stelle vicine, di una maniera sensibilissima per Venere e Marte. Se si tende un filo, e si dirige in maniera che l' astro sia nell' allineamento di due Stelle qualunque, il giorno seguente esso uscirà da questo allineamento.

Lo splendore dei pianeti varia secondo le loro distanze; le dimensioni dunque, sotto le quali noi li osserviamo, cangiano; ma alla semplice vista lo splendore è la sola cosa che colpisce, ed è possibile di impiegarlo come carattere distintivo egualmente che il luogo dell' astro. I cannocchiali, lungi dall' ingrandire le dimensioni delle stelle, al contrario le diminuiscono, spogliando la luce di questi corpi dal suo irraggiamento.

Francoeur, *Uranographie*, n. 231.

CAPUT SEPTIMUM

DE PLANETIS SECUNDARIIS, SEU SATELLITIBUS.

1157. Quatuor Planetas primarios, Tellurem nempe, Iovem, Saturnum, et Uranum, aliis Planetis secundariis, seu Satellitibus, comitari diximus (1093, 1145, 1149, et 1152). Tempus est, ut de iis loquamur, fusius quidem de Luna, quae nostrum comitatur Planetam, brevius de reliquis. In duobus itaque Articulis sermonem instituemus 1.° de Luna, 2.° de Iovis, de Saturni, et de Urani Satellitibus.

ARTICULUS PRIMUS

DE LUNA.

1158. Luna, omnium coelestium corporum, si Solem excipias, luminosissimum, est nostrae Telluris Satelles et indivulsa comes (1). Ipsi perpetuo juncta, una cum ea conversionem annuam circa Solem perficit, et interea etiam in sua orbita circa Tellurem unius mensis intervallo periodum absolvit. Planetae primarii circa Solem, tanquam commune centrum, volvuntur; Luna, quasi corpus terrestre, in nostra vicinia propria gravitate detinetur; ejusque vi a motu rectilineo jugiter retrahitur, et circa Tellurem circuitionem perficere cogitur spatio dierum 27, et horarum circiter 7. Varias Luna subit phases, varias induit formas, adeo ut, inquit Plinius, *multiformi haec ambage semper torserit ingenia contemplantium, et proximum ignorari maxime sidus indignantium. Crescens semper, aut senescens; et modo curvata in cornua facie, modo aequa portione divisa, modo sinuata in orbem; maculosa, eademque subito praenitens; immensa orbe pleno, ac repente nulla; alias sera, et parte diei Solis lucem adjuvans; deficiens, et in defectu tamen conspicua; quae mensis exitu latet, quum laborare non creditur; jam vero humilis, et excelsa, et ne id quidem uno modo, sed alias admota coelo, alias contigua montibus; nunc in aquilonem elata, nunc in austros dejecta; quae singula in ea deprehendit hominum primus Endymion, et ob id amore ejus captus fama traditur* (2).

1159. Est autem Luna corpus sphaericum, Terrae instar, scabrum, opacum et densum, Solis luce, non sua, resplendens; Sol quippe, fons luminis, perpetuo dimidiam corporis lunaris partem, quae

(1) *Luna*, a *lucendo*, quasi *Lucina*, quia *noctu lucet*. *Cic. II. de Nat. Deor.* 27. Alii volunt dici *Lunam*, quia *lucet luce aliena*.
(2) Plinius, *Hist. Mundi, Lib. II. VI. 9.*

ipsi obvertitur, illuminat, dum altera aversa a Sole medietas tenebris obvolvitur. Si Lunae superficies tersa et polita esset, ut speculum, illa non lucem undequaque reflecteret, sed Solis imaginem admodum exiguam, instar puncti splendidissime minicantis, ostenderet (563). At non solum inaequalis et aspera est Lunae superficies, sed altissimis montibus, et profundissimis vallibus tota obsita; nam si nullae in Luna essent eminentiae, aut partes reliquis altiores, linea recta in ipsius phasibus semper determinaret confinia lucis et umbrae. Verum si oculo armato aspiciatur Luna, confinium illud dentatum, serratum, multisque anfractibus intercisum apparet; quin etiam in tenebrosa Lunae facie partes aliquae e confinio non multum distantes cernuntur Solis luce illustratae, tamquam scopuli aut parvae insulae, quae in Luna crescente Soli semper sunt oppositae, et citius aliis illuminantur; in decrescente serius aliis intermediis lumen amittunt: ex quo sequitur, puncta illa, extra lucis confinium micantia, nihil aliud esse, nisi vertices altorum montium, qui citius a Sole illustrantur. Praeterea multae nigricantes maculae in parte illuminata conspiciuntur, quae nonnisi ingentes valles et cavitates esse possunt, quarum limbum externum quum radii Solares attingant, partes profundiores manent obscurae; at Sole ascendente plus lucis hauriunt, et quo altius super illas attollitur Sol, eo vallium umbrae magis se comprimunt, brevioresque evadunt, donec Sol punctum attingit verticale, quo tempore penitus evanescunt maculae, et eorum confinia montium instar lucida conspiciuntur. Sunt etiam in Lunae superficie aliae aequabiles maculae, quae eumdem semper servant aspectum, et lucem eodem semper modo transmittunt, ut idcirco maria, lacus, aut paludes esse videantur. Vulcanos quoque in Luna existere extra omnem dubitationis aleam positum est post Guill. Herschelii observationes, qui magno suo telescopio tres in Luna apertissime detexit Vulcanos, quorum duo erant extincti, tertius vero flammas evomebat et ignitos torrentes, cujus postremi definivit praeterea crateris diametrum trium milliariorum, ac torrentis igniti longitudinem milliariorum 60. Astronomi, qui *Selenograficas*(1)*Tabulas* confecerunt, Lunae faciem, qualem eam exhibent melioris notae telescopia, accurate depinxerunt; splendentes et obscuras partes adnotaverunt, et quo melius distinguerentur, iis nomina imposuerunt. P. Ricciolius regiones Lunares inter philosophos, aliosque viros illustres distribuit, easque horum nominibus appellavit, *Platonis* nempe, *Copernici*, *Tychonis*, *Galilaei*, etc.; at Hevelius veritus, ne de divisione agrorum lites inter philosophos orireutur, ditiones lunares his omnibus eripuit, et Geographica nostrae Telluris

(1) A σελήνη, Luna, et γράφω.

nomina in Lunam transtulit, loca illustriora vocando *Montem Sinai*, *Montem Taurum*, etc.; maculas vero, seu loca obscuriora *Mare Hyperboreum*, *Mare serenitatis*, *Mare tranquillitatis*, *Mare foecunditatis*, *Mare crisium*, *oceanum procellarum*, etc.

1160. Exploratum est, post recentissimas Ioan. Herschelli observationes, Lunam non circumvolvi atmosphaera ei simili, qua Tellus nostra circumfusa est; si enim haec in Luna existeret, Planetae, et Stellae prope ejus marginem transeuntes aliquam subirent refractionem. Inde sequitur etiam neque nubes in Luna dari, unde pluviae generantur; si enim essent, viderentur vento actae, nunc has, nunc illas Lunae regiones obtegere, ac visui nostro occultare, quod numquam contingit, sed in Luna jugis apparet serenitas. At neque maculae illae, quas maria, lacus, et paludes esse suspicati sunt philosophi, revera ex liquidis constant; nam telescopio melioris notae inspectae, innumeris cavernis, seu cavitatibus vacuis (umbris intus cadentibus) constare deprehenduntur, quod maris superficiei convenire nequit. Hinc sunt qui concludunt, nullos in eo Planeta esse posse incolas, quia, ajunt, non possent illi vitam percipere ex rupibus siccis, aridis, ac omnino sterilibus. Sed lunarium incolarum difensores ab hac difficultate se se expediunt, observando, Lunae atmosphaeram nostra exiliorem esse posse; necessarium non esse, ut vapores ex Lunae corpore exeuntes in nubes coeant, sed eosdem verti posse in rorem tenuissimum, unde vegetatio in Lunae superficie ali possit. Sed de his vide Fontenelle, *Entretien sur la Pluralité des Monds.*

1161. Iam diximus (1072) Lunam a Tellure distare circiter 60 semidiametris terrestribus, seu milliaribus fere 207000. Inde sequitur, illam esse nobis 400 vicibus Sole viciniorem. Ipsius diameter est milliariorum 1880; et massa relate ad Telluris massam est 0, 0125. Ejus orbita ad eclipticam inclinatur gradibus 5,°8′,47″,9. Puncta, in quibus Lunae orbita eclipticam secat, vocantur *nodi* (1121), quorum alter est *ascendens*, quo versus *boream* progreditur; alter *descendens*, quo versus meridiem deflectit: nodi autem illi non sunt immobiles, sed ab ortu in occasum procedunt, et intra unius anni intervallum gradus 19 $\frac{1}{3}$ describunt (id quod conficit unum gradum intra 19 dies), ita ut integram coeli conversionem intra annos 18 $\frac{1}{2}$ absolvant. Accuratius, *nodi* retrogrediuntur gradibus 19°,32′, 86″ intra unius anni intervallum, et totam percurrunt eclipticam intra dies 6798 $\frac{1}{3}$. Hanc suam orbitam circa Tellurem ab occasu in ortum Luna describit spatio dierum 27, hor. 7, min. 43′; unde fit, ut intra unius diei intervallum describat suae or-

bitae arcum circiter graduum 13 ; dum intra idem intervallum Tellus nonnisi unum fere gradum suae orbitae percurrat. Hoc intervallum dierum 27 , horarum 7 , et minut. 43′, quo Luna suam circa Terram periodum absolvit, dicitur *mensis lunae periodicus* ; quumque intra illud temporis spatium Tellus in sua orbita circa Solem, scilicet in ecliptica, jam 29 fere gradibus progressa sit, Luna , ut cum Sole iterum conjungatur, arcum graduum 29 percurrere debet : ad id peragendum , alios dies 2 , horas 5 , minuta secunda 52 ipsam impendere oportet(1); ita ut totum spatium, quo a Sole digressa ad aliam cum eo conjunctionem regrediatur , sive ab uno ad aliud novilunium transeat, sit dierum 29 cum horis 12, minutis 44 ; quod temporis intervallum *mensis Lunae synodicus*, seu *Lunatio* appellatur. Non absimili ratione invenitur etiam tempus *conversionis synodicae nodorum* esse dierum 346, 619851 ; scilicet post hoc temporis intervallum Solem in Lunae alterutro nodo inveniri.

1162. Ut autem concipias varias *phases* , seu formas, quas Luna in suo motu menstruo induit, pro vario Solis aspectu, sit (Fig. 17) Sol S, Tellus T ; A , B , C , D , E. . . . . Lunam in variis suae orbitae punctis exhibeant. Quum Luna sit opaca et rotunda, si in puncto E existat, si nempe fuerit in conjunctione cum Sole, media scilicet inter Solem et Tellurem, obscurum ejus hemisphaerium *mEn* totum Telluri obvertitur ; illuminatum vero ab eadem totum avertitur: hinc necessario sequi debet phasis illa, quam *novilunium*, *interlunium*, *neomeniam* (2) appellant. Quod autem tunc temporis Soli illa proximior sit, ex eo apparet, quod in novilunio vespere versus occasum supra horizontem fulgeat exigua tantum sui illuminati hemisphaerii parte, dum Sol occidit. Post dies tres Luna transit in F, quod punctum 45 gradibus, octava nempe lunaris orbitae parte a conjunctionis puncto E distat ; tunc autem ejus hemisphaerium obscurum non est totum Telluri obversum , sed octava illuminati hemisphaerii pars nobis est conspicua; hinc *falcata*, sive *corniculata* apparet, cornibus ad ortum spectantibus. Die 7.° post novilunium, Luna pervenit in G , nempe in *quadraturam* (hoc punctum enim a conjunctionis puncto E 90 gradibus , seu circuli *quadrante* distat); in hoc situ illuminati hemisphaerii lunaris dimidia tantum pars a Terricolis videri potest, sub specie semicirculi sua diametro terminati ; haec phasis Luna *dichotoma* seu *bisecta* (3) vocatur , italice

(1) Hujus rei exemplum sensibile videas in horologio duobus indicibus , horarum ac minutorum, instructo. Si enim duo indices horam XII simul designent, post unius horae intervallum , dum index horarum designat horam I, index minutorum super puncto XII insistet, ita ut spatium a puncto XII ad punctum I percurrere hic debeat ut cum illo iterum conjungatur.

(2) A νέος, *novus*, et μήνη, *mensis*.

(3) διχότομος σελήνη, a δὶς, *bis*. et τόμος *sectus*.

vero, il *primo quarto*. Progrediente Luna in H, major pars hemisphaerii illuminati nobis apparet, et Luna videtur *gibba*; donec tandem, transactis aliis diebus 7 vel 8, ipsa in A invenitur, nempe in *oppositione* cum Sole: in hoc situ totum hemisphaerium obscurum nostro subtrahitur aspectui, et totum hemisphaerium illustratum nobis est conspicuum; atque haec phasis dicitur *plenilunium*, *Luna plena*, *Luna pernox*. Tunc autem Luna apparet Soli opposita, quia super horizontem orientalem illucescere incipit circa tempus, quo Sol infra horizontem delabitur, adeo ut per meridianum versus mediam noctem pertranseat. Easdem Luna subit phases, quum reliquam suae orbitae medietatem percurrit; tunc enim ad Solem rursus accedit, et vespere supra horizontem tardior minutis circiter 49 assurgit, ejusque pars illuminata sensim terricolis subtrahitur, prout ad puncta B, C, D accedit; nempe in B iterum gibbosa, in C rursum bisecta; in D denuo corniculata apparet, eo tamen cum discrimine, quod post plenilunium cornua non orientem, sed occidentem spectent, unde italicum illud proverbium: *gobba a ponente, Luna crescente; gobba a levante, Luna mancante*; Luna enim *crescere* dicitur, quum a novilunio ad plenilunium transit; *decrescere* vero, quum ab hoc ad illud regreditur (1). Atque ita absolvitur *mensis periodicus*, quo nempe Luna ex dato suae orbitae puncto digressa ad idem punctum regreditur post dies 27 cum horis 7, min. 43: quo periodo completo, alii dies $2\frac{1}{4}$ circiter praeterlabi debent, ut novilunium iterum contingat, seu mensis *Lunaris synodicus* compleatur, ut diximus n.° antecedenti. Duo puncta opposita *conjunctionis* et *oppositionis* vocantur *syzigiae* (2).

1163. Secunda vel tertia post novilunium die, Luna, praeter partem illam corniculatam, qua vivissima luce fulget, totum reliquum discum luce debiliori ac *cinerea* illuminatum praebet. Cujus phaenomeni non aliam Astronomi agnoscunt caussam, nisi reflexionem lucis Solaris, quae a Tellure ad Lunam exporrigitur. Et re quidem vera, quemadmodum Luna Tellurem illuminat luce Solis reflexa, ita Tellus eadem luce Lunam illuminat. Quumque Telluris superficies sit terdecies et amplius (1075) lunari superficie major; sequitur Tellurem in Lunam reflectere lucis copiam terdecies et amplius majorem illa, quam excipit a Luna. Hinc nostra Tellus Lunae incolis, si qui sunt, faciem exhibebit terdecies et amplius ma-

(1) Signum igitur Lunae crescentis est quum litterae D speciem nobis exhibet; signum vero Lunae decrescentis est quum exbibet speciem litterae C: scilicet per quamdam antiphrasim littera initialis verbi *crescere* est signum Lunae *deficientis*, et littera initialis verbi *deficere* est signum Lunae *crescentis*.

(2) a συν, cum, et ζυγος, jugum.

jorem ea, qua Luna ipsa nobis sese conspiciendam offert; easdemque monstrabit phases, quas nos in Luna deprehendimus.

1164. Restat, ut quaedam de Lunae, Solisque eclipsibus dicamus. *Eclipsis* est vox graeca (1), *deliquium* aut *defectionem* significans, unde *eclipsis* generatim *est defectus luminis, quo corpora coelestia splendent, ex interpositione alterius corporis opaci inter corpus coeleste et oculum, vel idem corpus et Solem proveniens*. Prioris generis est *eclipsis Solis*, posterioris vero sunt *eclipses Lunae*, *Planetarum*, *et Satellitum;* Sol namque, sicuti et reliquae Stellae fixae, lumine sibi proprio fulget; Planetae vero, Luna et Satellites luce a Sole mutuata coruscant; hinc horum tantum eclipsis vera est *obscuratio*; nam priorum siderum eclipsis potius *occultatio* dici debet. Planetae vero inferiores, nempe Venus et Mercurius, quum in conjunctione inferiori aliquando lucis Solaris exiguam partem intercipiant, per Solem *transire* dicuntur.

1165. Quum omnia corpora opaca lucido corpori exposita umbram projiciant in plagam lucido corpori oppositam; Tellus autem sit corpus opacum, quod a Sole illuminatur, manifestum est, ipsam projicere suam umbram in plagam Soli oppositam; in quam si incurrat Luna, hanc obtenebrari necesse est. Quumque, ut in Optica (555) demonstravimus, figura umbrae corporis sphaerici opaci, quod lucido expositum est, referat formam coni in acutum apicem desinentis, cujus basis sit in corpore opaco, si corpus lucidum corpore opaco fuerit majus; referat autem formam coni truncati, et versus basim producti, si corpus lucidum corpore illuminato fuerit minus; Tellus vero sit Sole minor; patet, figuram illius umbrae esse conicam, quae in apicem desinit. Ut igitur concipias qua ratione fiant eclipses, sit S Sol, T Tellus, conus ABC umbra Telluris (Fig.18.). Manifestum est, quamlibet lineam rectam a Sole ductam ad punctum quodvis intra spatium ABC, per Tellurem transire debere; adeoque quum Tellus sit opaca, transitum solaribus radiis negabit, et illustrationem spatii ABC impediet. Si itaque Lunam Soli oppositam per hoc spatium transire contingat, illam tenebris involvi necesse erit. Eclipsim igitur Luna toties patitur, quoties inter ipsam et Solem Tellus occurrit media, tempore nempe plenilunii. Eclipsis dicitur *totalis*, ubi integrum Lunae hemisphaerium nobis obversum in conum umbrae terrestris immergitur; dicitur *partialis*, si aliqua tantum hemisphaerii lunaris pars conum umbrosum Telluris subeat; dicitur *centralis*, si umbrae terrestris centro centrum Lunae adamussim respondeat.

1166. Duo itaque requiruntur, ut Lunae eclipsis contingat, unum, ut Luna sit in Solis oppositione, alterum ut in nodorum li-

(1) Ab ἐκλείπω, deficio.

nea, vel prope ipsam existat. Et certe, si planum, per quod Luna movetur, non foret eclipticae inclinatum, Luna in qualibet sua oppositione cum Sole, nempe in quolibet plenilunio, terrestri umbra obfuscaretur; at quia Lunaris orbitae planum eclipticam in duobus tantum *nodis* secat, et cum ea angulum efficit, quo hinc inde ab ea per gradus 5°, 8′, 47″ deflectit; axis vero umbrae terrestris in eclipticae plano semper existat;idcirco in pleniluniis tunc dumtaxat erit eclipsis, quum Luna in alterutro intersectionis nodo, aut prope ipsum versetur, dum Sol in opposito nodo, vel prope ipsum constituatur. Hinc accidit, ut intra anni spatium duo, vel tres ad summum, contingant lunares eclipses; quandoque vero uterque etiam deesse potest, nimirum, si Tellure in nodorum alterutro constituta, jamdiu Solis oppositionem Luna evaserit. Quando in ipsis *nodis* accidit oppositio, tunc eclipsis Lunae est *totalis* ac *centralis*, quia Solis, Terrae, et Lunae centra in eadem linea existunt; ubi vero prope nodos est oppositio, eo major est eclipsis, quo Sol et Luna sunt nodis propiores.

1167. Astronomi, ut eclipsis magnitudinem designent, astrorum diametrum in 12 partes aequales dividunt, quas *digitos* vocant, et quemlibet digitum in minuta 60 subdividunt. Quando igitur dicitur eclipsim esse 4 vel 6 digitorum, intelligendum est, tertiam vel dimidiam partem diametri Lunae vel Solis obscurari. Aliquando dicitur Lunae eclipsim 12 digitos excedere, eam, ex. gr., esse 20 digitorum; quibus verbis id unum significatur, nempe etiamsi Lunae diameter longior esset, et 20 partes aequales contineret, eclipsim nihilominus fore totalem. Omnes Lunae eclipses completae, seu quae ab omnibus Terrae plagis Lunam super horizontem habentibus sunt visibiles, ubique ejusdem sunt magnitudinis, omnesque simul incipiunt, simulque desinunt. Pars orientalis lunaris disci prius immergitur; quia quum ab occasu in ortum Luna moveatur, pars ejus orientalis in umbram terrestrem prior incurrit.

1168. Luna, dum ad conum umbrosum Telluris appellit, ut eclipsim patiatur, sensim suum amittit splendorem: quum enim, praeter umbram omni luce carentem, quoddam etiam spatium penumbrosum ab aliquibus radiis Solis illustratum conum illum circumeat, manifestum est, Lunam, ubi penumbram attingit, languida et diluta luce fulgere; cono umbroso immersam, totam tenebris involvi; inde emergentem iterum diluta luce fulgere, donec tandem, penumbra etiam praetergressa, ab integro Solis disco illustretur. Quocirca quum Lunae fulgor sub eclipsis initio, et sub ejus fine sensim minuatur, fit, ut aegre definiri possit temporis punctum, quo Lunae eclipsis incipit, vel quo desinit. Observandum quoque est, in omnibus pene eclipsibus, etiam totalibus, Lunam, quamvis in ipso cono umbroso immersam, non integre obscurari, sed nigro-

rubeo quodam lumine fulgentem sese nobis conspiciendam praebere. Id ex eo oritur, quod ex Solis radiis, qui in terrestri atmosphaera refringuntur, aliqui ipsum conum umbrosum pervadunt; quumque ex refractione plurimum sint debilitati, Lunam tenui hoc tantum et obscuro lumine aspergunt.

1169. Quamvis vero omnes Lunae eclipses completas ubique ejusdem esse magnitudinis, simulque incipere ac desinere diximus (1167), id tamen intelligendum est, habita ratione distantiae unius loci ab alio juxta longitudinem (1050). Ex hoc fit, ut ope eclipsis cognosci possit quot gradibus unus locus sit alio orientalior vel occidentalior; quum enim Tellus singulis horis gradus 15 sui circuli diurni ab occasu in ortum conficiat, patet, si Lunae eclipsis una hora tardius videatur, ex. gr., Neapoli, quam in alia Civitate versus orientem posita, ex, gr., Constantinopoli, id indicium esse certissimum, Neapolim gradibus 15 esse magis occidentalem, ac proinde has duas civitates 15 graduum longitudine inter se differre. Eclipsis lunaris duratio denique duarum horarum spatium nunquam praetergreditur; saepius autem minori temporis intervallo perdurat.

1170. Quemadmodum Tellus inter Lunam et Solem interjecta producit eclipsim Lunae; sic, e contrario, Luna inter Terram et Solem interposita impedire potest ne radii solares ad Terram perveniant: tunc autem vel in toto vel ex parte *Sol occultabitur*; quo sensu eclipsim pati dicitur, quamvis *improprie*; melius enim *eclipsis Terrae* diceretur, nam Sol suam lucem illibatam retinet, et tantum eae Terrae partes, in quas umbra incidit, in tenebris includuntur; earumque partium incolis Sol videbitur deficere, quamdiu intra umbram illi morantur. Unde patet, Solis eclipses contingere non posse, nisi in noviluniis (1), quando scilicet Luna est in conjunctione cum Sole: tunc enim tantum Solem inter et oculos nostros Lu-

(1) Ex hoc apparet, Solis eclipsim, quae in Christi morte contigit, fuisse verum miraculum, quum contigerit Plenilunii tempore; apud omnes enim constat Christum passum fuisse die *Parasceve Paschae*; et in Lege (Exodi c. XII. v. 18.) vetitum erat Paschalem Solemnitatem ante diem decimam quartam Lunae mensis *Nisan*, seu *primi mensis*, celebrari. Praeterea tam mira eclipsis perduravit ab hora sexta usque ad horam nonam; nam *ab hora sexta tenebrae factae sunt super terram, usque ad horam nonam* (Matth. c. XXVIII. v. 45); Solaris autem eclipsis, ut num. sequenti dicemus, nec tamdiu durare potest, nec totam Terram tenebris obvolvere valet. Jure merito igitur, Dyonisius Areopagita, ut ajunt, tam inusitati prodigii admiratione correptus, exclamavit: *Aut Deus naturae patitur, aut mundi machina dissolvetur.* De hoc portento scribunt etiam Historici syncroni, ut Phlegon Augusti libertus apud Eusebium, Thallus apud Julium Africanum, et alii: Tertullianus denique tanta confidentia hujus eventi mentionem facit, ut tanquam rem certissimam in publicis Archiviis relatam Gentilibus objiciat in Apologetico cap. 21, his verbis: *Eodem momento dies, medium orbem signante Sole, subducta est. Deliquium itaque putaverunt, qui id quoque super Christo praedicatum non sciebant. Et tamen eum Mundi casum in Archiviis vestris habetis.*

na incurrit media. Patet etiam, ex iis quae diximus (1166), non in singulis noviluniis Solis eclipses contingere, sed tunc solum, dum Luna Soli conjuncta reperitur vel in alterutro nodorum, vel prope nodos. Quumque Luna sit multo minor quam Terra; evidens est ejus umbram non posse totum Terrae discum tenebris involvere, sed exiguam tantum ejus partem obscurare; unde fit, ut eadem Solis eclipsis quibusdamTerrae incolis sit *totalis*, aliis *partialis*, et aliis *nulla*. En autem solaris eclipsis explicatio. Sit S Sol (Fig. 19), TT' Tellus, L Luna, ALP Lunae orbita. Ductis lineis *Oce*, et *O'de*, spatium obscurum *c e d* inter has lineas comprehensum conum lunaris umbrae exhibebit: lineae autem *Odb*, *O'ca* penumbrae limites determinant. Moveatur Luna in sua orbita ab occasu in ortum, ex. gr., ab L versus P: spectator in *b* positus observabit Lunae marginem *d* Solis marginem occidentalem O tangere, et eclipsis pro eo tunc incipiet. At eodem tempore pars occidentalis Lunae, nempe margo *c*, marginem Solis in O' deserit, et eclipsis cessat pro incolis loci *a*: hinc eclipsis Solis locum habet in omnibus punctis inter *a* et *b* positis. Evidens autem est, ex sola Figurae inspectione, Solem nonnisi pro aliqua tantum exigua globi terrestris parte *totalem eclipsim* pati, pro illa nempe parte, quae ab extremitate coni umbrosi attingitur.

1171. Circa Solis eclipses haec veniunt observanda. 1.° Solis eclipses minus diuturnae sunt, quam eclipses Lunae: quum enim maxima diameter apparens Lunae minimam Solis diametrum apparentem nonnisi 1', 38'' excedat, et velocissimus sit Lunae cursus; patet, eclipses solares nonnisi per breve tempus durare debere; ita ut diuturnior Solis eclipsis totalis per illud temporis intervallum duret, quo Luna 1', 38'' unius gradus percurrere debet, nempe nonnisi 3', 13'' temporis durare potest. Hinc 2.° frequentiores sunt Lunae, quam Solis eclipses, quia facilius accidere potest ut Luna in umbram terrestrem, utpote majorem, incurrat. 3.° Magnitudo eclipsis solaris, aeque ac Lunae eclipsis, digitis aestimari solet. 4.° In Solis eclipsi pars ejus occidentalior occultari incipit; quum enim Luna motu proprio longe velocius quam Sol ab occasu in ortum progrediatur, necesse est, ut illa Solem assequatur tardiorem: pars autem Solis, quae Lunae properanti primum fit obvia, est ejus pars occidentalis.

1172. Ex cognitione situs, quem Sol, Luua et Terra servant inter se; et ex cognitione etiam eorumdem celeritatum, voluminum, et parallaxium, Astronomi Tabulas confecerunt, in quibus accurate designantur, et praedicuntur eclipses, eorumque duratio, et extensio. Cujus rei ut specimen aliquod habeamus, meminisse oportet, eclipses nonnisi in syzigiis evenire posse. Quumque tempus conversionis synodicae nodorum (1160) sit dierum 346, 619851;

instituta comparatione inter hunc numerum, et 29^d, 530688, qui Lunationis tempus designat, eruitur illos esse inter se fere ut 223 : 19; nam 346,619851 : 29^d,530688 = 223 : 19 proportionem efficiunt, ut patet, extrema et media inter se conferendo. Et re quidem vera, 223 lunationes efficiunt dies 6585, 32 ; et 19 nodorum conversiones synodicae efficiunt pariter 6585, 78 ; ita ut differentia situs nodorum in principio et sub fine lunationum 223 sit pene nullius momenti. Ex quo sequitur, sub finem periodi 223 lunationum, nempe post annos 18, et dies 10, Solem et Lunam in eodem situ, relate ad nodorum lunarium lineam, inveniri: unde eclipses eodem ordine redibunt; id quod simplicissimam praebet eosdem computandi ac praedicendi rationem; ad id enim sufficit, ut exacte notentur et accurate describantur 18 circiter annorum observationes, quae semper eodem ordine in qualibet periodo eveniunt. Hac periodo Chaldaei pro computandis eclipsibus utebantur, eamque *Saros* vocabant. Astronomi vero recentiores alia methodo magis accurata ad id assequendum utuntur. Sed haec sufficiant (1).

1173. Antequam ulterius progrediamur, quaedam de motuum lunarium inaequalitate dicenda sunt. Quum enim Lunae motus circa Tellurem ex duplici motu componantur, nempe ex motu proprio circa Tellurem, et ex motu Telluris circa Solem; inde sequitur, tantas lunaribus motibus inaequalitates obvenire, ut illas distinguere haud valuerint veteres Astronomi ante Newtonum, qui omnium primus tantum opus *a priori* est adgressus in suis *Principiis Mathematicis* (2). Praecipua inaequalitatum phaenomena sunt: 1.° mutatur Lunae apogeum aeque ac perigeum; nempe apogeum tanta celeritate *in consequentia* signa movetur, ut in quavis periodica Lunae conversione gradus 3 fere progrediatur; hinc intervallum mensis *anomalistici* (quo scilicet Luna ab apogeo digressa ad illud idem revertitur) longius est mense periodico, quem horis 5, 34′ excedit : 2.° mutantur Lunae nodi *in antecedentia*, ita ut in singulis mensibus periodicis nodi regrediantur (1160) grad. 1, min. 25′: 3.° mutatur orbitae Lunae figura ; nam excentricitas modo augetur, modo minuitur; hinc ea orbita est curva valde irregularis, cujus etiam inclinatio ad Eclipticae planum variabilis est : 4.° mutantur tempora Lunae periodica ; nam Luna celerior per suam orbitam movetur, ubi Tellus aphelium tenet, segnius autem incedit, ubi illa in perihelio existit; inde fit, ut menses periodici sint inaequales: 5.° denique Luna in syzygiis celerrime movetur, segnius in quadraturis; pro varia autem a syzygiis distantia inaequabilis evadit motus. Nam in primo

(1) Vide Francoeur, *Uranographie, n. 67*.
(2) Newton, *Principia Mathem. Phil. nat. Lib. III. prop. 25, et seq.*

mensis quadrante, postquam conjunctionem evasit Luna, ejus motus retardatur; in secundo quadrante, prope oppositionem acceleratur; in quarto iterum acceleratur. Merito itaque Luna ab Astronomis *contumacis Planetae* nomine fuit appellata; adeo ut verum sit quod ajebat Plinius: *Multiformi haec ambage* etc.(1).

ARTICULUS SECUNDUS

DE IOVIS, SATURNI, ET URANI SATELLITIBUS.

1174. Post Telescopii inventionem, Galilaeus noster anno 1610 primus omnium detexit, Iovem quatuor minoribus sideribus comitari, quae circa ipsum, quasi totidem Lunae, vertuntur, et arcus describunt temporibus proportionales. Hi quatuor *Satellites* (quos sidera *Medicea* Galilaeus cognominavit, in honorem Mediceae familiae, cui erat addictissimus) suas orbitas, parum inter se, et ad Iovis aequatorem inclinatas, diversis locorum et temporum distantiis describunt. In subjecta Tabula eorum praecipua elementa reperiuntur.

JOVIS SATELLITES

DISTANTIA A IOVE		TEMPUS PERIODICUM	DURATIO ECLIPSIS
1ˢ Satel.....	6,04853	1^{dies}, 18^{hor}, 27′	2^{h}, 15′, 44″
2ˢ..........	9,62347	3 , 13 , 13	2, 52, 6
3ˢ..........	15,35024	7 , 3 , 42	3, 33, 40
4ˢ..........	26,99835	16 , 16 , 32	4, 44, 50

Ex hac tabula perspicitur Satellitem Iovi proximiorem ab eo distare semidiametros Ioviales 6 cum fractione decimali 04853, computata distantia ab ipso Iovis centro; tempus autem periodicum suae circa illum conversionis esse unius diei, et horarum 18, 27′. Distantia alterius Satellitis est semidiametrorum Iovialium 9, 62347; tempus periodicum dierum 3, horarum 13, 13′; tertii distantia est semidiametrorum 15, 35024; tempus periodicum dierum 7, ho-

(1) Vide Keill, *Introduct. ad veram Astron. Lect. X.*

rarum 3,42′; ultimi denique distantia est 26, 99735; tempus periodicum est dierum 17, horarum 16,32′. Inde evenit, ut modo simul juncti, modo disjuncti videantur; aliquando in suo meridiano ita disponantur, ut unus supra alium emineat; modo, quum duo oriuntur, duo alii occidant; modo denique, in Solis oppositione existentes, se invicem observent, et eclipsim patiantur singuli expleta sua conversione, ita ut primus Satelles deliquium patiatur post diem unum et horas 18,30′, secundus post tres dies cum dimidio, etc., excepto ultimo Satellite, qui, propter suam a Iove distantiam, hujus Planetae umbra aliquando non obtegitur. In Iove igitur nulla praeterit dies, quin aliqua Satellitum eclipsis accidat: quod si addas celeritatem, qua ipsius Iovis Planeta circa suum axem convertitur (1149), tum brevem et diversam periodum rotationis horum Satellitum circa Iovem, eorum phases, frequentes eclipses etc., certus eris eos jucundissimum Iovis incolis spectaculum praebere. Hi frequentes Iovialium Satellitum eclipses facilem viam Roemero aperuerunt, qua lucis propagationem *successivam* esse demonstravit, ut vidimus in Optica n. 525.

1175. *Satellites Saturni*. Circa Saturnum septem volvuntur Satellites, quorum sex in plano ejus Annuli moventur, septimus autem ad illud fere 30.° inclinatur. Subjecta Tabula continet eorum a Saturno distantias in semidiametris Saturnalibus computatas, et tempora periodica, in quibus suas orbitas describunt.

SATELLITES SATURNI

DISTANTIA A SATURNO		TEMPUS PERIODICUM
1ˢ Satel........	3,351	0^dies, 942
2ˢ	4,300	1 , 370
3ˢ	5,254	1 , 887
4ˢ	6,817	2 , 739
5ˢ	9,527	4 , 517
6ˢ	22,081	15 , 945
7ˢ	64,359	79 , 329

Quum Saturnus, propter suam ingentem a Sole distantiam, lumen debilissimum ab eo accipiat, summa Dei Providentia effecit, ut his septem Satellitibus stiparetur, et annulo insuper, qui Solis radios in ipsum regerit, circumdaretur.

1176. *Satellites Urani.* Uranum quoque duo circumstant Satellites, juxta Herschellii observationes; sex vero juxta recentiores Astronomos; quorum orbitae sunt Urani orbitae perpendiculares. Sed hi Satellites nonnisi exquisitioribus Instrumentis observari possunt. En eorum distantias a Planeta principali in semidiametris ejusdem Planetae computatas, nec non tempora periodica.

SATELLITES URANI

DISTANTIA AB URANO	TEMPUS PERIODICUM
1ª Satel. 13,12	5dies, 893
2ª 17,02	8 , 707
3ª 19,85	10 , 961
4ª 22,75	13 , 456
5ª 45,51	38 , 075
6ª 91,01	107 , 694

CAPUT OCTAVUM

DE COMETIS

1177. Cometae, quos veteres Astronomi diu nihil aliud esse existimarunt, quam meteora in suprema terrestris atmosphaerae regione generata, sunt vera corpora coelestia, ab ipso mundi exordio condita, quae, veluti Planetae, constanti lege ellipses valde longas circa Solem in alterutro earum foco constitutum describunt. Ejusmodi corporibus coelestibus saepissime adhaerere solet quaedam vaporosi et splendentis corporis species tam tenuis, ut superiorum Stellarum lucem minime intercipiat: inde factum est, ut *Cometae* nomen obtinuerint(1), et in *crinitos* seu *comatos, barbatos,* et *caudatos* distincti fuerint, pro diverso aspectu et directione, quam vapor ille luminosus a Terra visus exhibet relate ad Cometae *nucle-*

(1) A. κομη, *coma.*

um, nempe ad Cometae corpus principale: aliquando enim tenuis ille vapor in orbem circa Cometam diffunditur, ac veluti quoddam capillitium constituit, et Cometa tunc *crinitus* dicitur; aliquando vero decurtatur capillitium ex ea parte qua Solem respicit, et in longum protenditur versus partem a Sole aversam, et tunc, si Cometa Solem praecedat, *barbatus* appellatur, si illum subsequatur, *cauda* instructus dici solet.

1178. Quaestiones praecipuae, quae circa Cometas institui possunt, ad duas rediguntur; quaenam nempe sit horum astrorum natura, et quasnam leges in suis motibus illi sequantur. Ad primam quaestionem nostra definitio respondit. Et 1.° quidem convenit hodie apud omnes Astronomos ex parallaxi longe minori in Cometis quam in Luna, et Saturno, Cometas ultra Lunam, et Saturnum excurrere; quumque Terrae vapores ad tantam altitudinem extolli non valeant, fieri nequit ut Cometae, quemadmodum Aristotelici autumabant, ex Terrae vaporibus coalescant. 2.° Cometae vividiore fulgent luce in perihelio, quam in apogeo (ut ex plurimis Hevelii et Flamsteedii observationibus collegit Newtonus); ergo sunt, ut reliqui Planetae, corpora opaca a Sole illuminata. 3.° Cometa anni 1744 diligentissime observatus, Planetarum vicissitudinibus obnoxius fuit deprehensus, *phases* nempe exhibere compertus fuit: atqui haec omnia evenire nequeunt, nisi in corporibus opacis circa Solem gyrantibus. 4.° Cometarum quorumdam discus apparet non minor, quam discus Veneris, Iovis, imo et Solis, ut fuerunt illi, qui post Demetrii Syriae Regis mortem, et in Mythridatis nativitate apparuerunt, referente Iustino (1): ut autem in tanta distantia sub conspectum veniant, globum habeant necesse est globo terrestri saltem aequalem. 5.° Cometa, qui sub Nerone apparuit, ad sex integros menses se praebuit conspiciendum; atqui flamma fortuito casu in aere accensa nequit tamdiu oculis nostris fulgere: *quaecumque enim aer creat* (ut ait Seneca) *brevia sunt*: Cometae igitur tantum abest ut sint meteora lucida, ut potius sint corpora solidissima ac firmissima, tenui ac vaporoso corpore diversae extensionis ut plurimum circumdata. Denique Cometarum opacitas confirmata fuit ex experimentis, quae D. Arago super polarisatione lucis Cometae anni 1819 instituit. Merito igitur statuunt Astronomi, Cometas esse totidem nostri Systematis *Planetas circa Solem, tamquam circa commune centrum, gyrantes.*

1179. Cometae, dum a Sole longe absunt, nulla cauda instructi videntur: hic vapor apparere incipit, dum ad minus milliaribus 75000000 ad Solem accedunt; et quo magis ad Solem appropinquant, plus ille crescit, ita ut prope perihelium maxima extensio-

(1) Iustin. *Histor. Lib.* 37 *cap.* 2.

ne donetur; deinde, prout a Sole recedunt, cauda sensim eadem proportione decrescit; donec tandem ipsi Cometae nostro se subtrahant conspectui. Observatum etiam est, Cometae caudam semper in longum protendi versus partem Soli oppositam; ita ut si Cometa ad orientem Solis existat, adeoque post illum occidat, cauda versus ortum dirigatur; si vero Cometa ad occidentem Solis posita sit, adeoque ante illum oriatur, cauda occidentem respiciat. Ex quo conjecit Newtonus, Cometarum caudam nihil aliud esse, nisi tenuissimi vaporis torrentem, quem radii solares in Cometam emissi excitant, et in partem Soli oppositam semper rejiciunt.

1180. Quamvis autem Cometae in Planetarum numerum veniant (1178), ab iis tamen plurimum differunt, tum ob speciale caudarum phaenomenon, quod exhibent; tum maxime ob diversam directionem, quam in suis motibus sequuntur. Eorum enim directio est in omnes Coeli plagas; nam sunt qui ab occasu in ortum; sunt etiam qui ab ortu in occasum feruntur; sunt qui orbitis suis eclipticam normaliter secant. Generatim, eorum orbitae sunt ellipses valde excentricae, estque Sol in uno ex earum focis positus; quumque quilibet Cometa nobis tunc solum conspicuus evadat, quum ad perihelium accedit, hinc sequitur, orbitam, quam describit, esse potius quamdam parabolae speciem, quae tamquam ellipsis, cujus axis in infinitum excurrat, spectari potest. Fere 130 Cometae, quos diligentissime in suis motibus sequuti sunt Astronomi, per ejusmodi orbitae speciem in sua parte visibili feruntur; ita ut hoc factum tamquam indubium spectari possit. Ubi in regiones a nobis valde dissitas conscendunt, suas immensas ellipses complent, vel potius parabolam, aut etiam hyperbolem describunt; atque haec est ratio, cur brevi temporis intervallo (ad summum sex mensium) conspectui nostro se offerant, et tamdiu nostro subtrahantur aspectu; aliqui vero ad nos non amplius redeant.

1181. Cometae quemadmodum et reliqua sidera, motui diurno apparenti ab ortu in occasum subjiciuntur, qui diurnae rotationis nostrae Telluris ab occasu in ortum est effectus; Kepleri legibus parent, sicut et reliqua nostri Systematis corpora coelestia. Cave tamen inde concludas eorum periodos ita facile definiri, eorumque reditus praedici posse, ut periodi et reditus Planetarum; Planetae enim in omnibus suarum orbitarum punctis sunt visibiles, adeoque observationibus innumeris elementa motus ipsorum detegi et corrigi possunt; at non idem evenit in Cometis; nam 1.° Cometa nostro conspectui se offert in exigua suae orbitae parte, quae quum Soli vicinissima sit, ingenti celeritate describitur; 2.° Cometae nonnisi post annos 100, vel 200 observari possunt; eorum plurimi Astronomorum aspectui subtrahuntur, qui tantum ex comparatione elementorum unius cum elementis alterius inferre possunt, an Co-

meta, quem ipsi observant idem sit ac ille, cujus periodum et reditum statuere sibi proponunt : 3.° Praecipua caussa, quae hujus periodi ac reditus determinationem impedit, ab ipsa observatione petitur. Minimi enim Cometae tamquam puncta vaporosa apparent, maximi quamdam atmosphaeram variationibus permultis obnoxiam exhibent. Cometa, ex. gr., anni 1729 sex mensibus fuit conspicuus; tres Astronomi ejus orbitam accurate, et qua majori potuerunt diligentia, scrutati sunt: attamen in suis calculis inter se non convenerunt. Idem de Cometis annorum 1762, 1763, 1769, 1766 dicendum. Nihil igitur mirum, si ex 130 Cometis, quorum motus supputationibus subjici potuit, *nonnisi tres tantum sint, quorum reditus certo praedici possit*; suntque Cometa, qui Halley nomine donatur, Cometa D^ni^ *Henche*, Cometa D^ni^ *Biela*. Priorem Dr Halley observavit anno 1682; quumque compertisset elementa ejus orbitae fere eadem esse ac elementa Cometarum, qui annis 1531, et 1607 apparuerunt, periodum annorum 76 ei assignavit. Statuit etiam hunc eumdem esse cum eo, qui in Caesaris obitu, deinde anno 1006 visus fuit, quo tempore quater Venere major apparuit. Nulla deinde in historia fit mentio ejus apparitionis usque ad annum 1456, quando prope Tellurem pertransiit, ejusque cauda in ensis figuram conformata, 60 spatii coelestis gradus occupabat. Halley praedixit ejus reditum pro anno 1757; sed minime apparuit. D. Clairaut demonstravit anno 1758 ejus motum retardari debuisse diebus 618 propter Iovis ac Saturni actionem; et reipsa prope perihelium pertransiit die 12 Martii 1759, ejusque elementa parabolica calculis D^ni^ Clairaut adamussim responderunt. Hic Cometa etiam anno 1835 non multum a Tellure dissitus, aeque ac anno 1456 apparuit. Duo alii Cometae, quorum reditus certo praedicuntur, brevem habent periodum; unus enim ad perihelium redit post dies 1208, seu post annos 3, menses 7, dies 3; alter vero post dies 2440 seu post annos 6, menses 8, dies 10. Prior detectus fuit anno 1818, a D^no^ Pons Massiliensi; sed quum D. Henke Berolinensis Astronomus illius periodum demonstrasset, et accuratissimis calculis subjecisset, vulgo ejus nomine appellatur. Ejus distantia perihelia est $\frac{1}{3}$ distantiae Telluris a Sole; in perihelio nempe Soli est vicinior, quam Mercurius: ubi vero a Sole est maxime remotus, per spatium inter Vestam et Iovem positum pertransit. Quum ejus lux sit debilior, non mirum est quod tam sero detectus fuerit; quamvis antiquiores Ephemerides haud indubitanter innuant, illum sub diversis speciebus visum fuisse annis 1786, 1795, 1805. Post Henke tamen ejus reditus constanter praedictionibus responderunt, ita ut apparuerit annis 1822, 1825, 1829, 1832, 1836, 1839, 1843, 1847, 1850, etc. Alius Cometa a D^no^ *Biela* Astronomo Iohannisbergensi die 27 Februarii anni 1826

detectus, est parvae molis, nulla cauda, nulloque solido nucleo, qui oculis percipiatur, instructus. Ejus periodus est annorum $6\frac{3}{4}$. Ejus orbita eclipticae planum secat in duobus punctis prope Telluris orbitam, adeo ut si in sua apparitione anni 1832 Tellus aliis 30 diebus in sua orbita jam progressa fuisset, facile, iniquit Io. Herschel, in Cometam impegisset.

1182. Anno 1843 magnus Cometa apparuit, qui nudo oculo, etiam fulgente Sole, videbatur. D. Amici equidem Bononiae illum vidit prope meridiem diei 28 Februarii sub figura cujusdam fulgentis massae, quae a Sole non amplius quam duabus diametris solaribus distabat; ita ut ex omnibus Cometis, de quibus apud Scriptores fit mentio, hic ad Solem magis accesserit in suo perihelio. Eodem die visus fuit in America Septentrionali ab Astronomo Clarke, et in variis Italiae Observatoriis. Quidam Astronomi putant hunc Cometam esse etiam periodicum, eique periodum annorum $35\frac{1}{10}$ assignant: sed nova ejus apparitio expectanda est, ut haec proprietas ei tuto assignari possit.

Sunt et duo alii Cometae, quorum periodum aliqui assignant; Cometa nempe anni 1660, quem Newtonus exploravit et descripsit; et Cometa annorum 1264 et 1556; quorum primo periodum annorum 575 (1) assignant, altero autem periodum annorum 292; at heic etiam expectandum adhuc est, donec iterum appareant, ut quaestio definiatur.

1183. Cometae modicissima massa praediti sunt, eaque in quadam vaporis valde densati specie consistit; adeo ut hodie Astronomis tamquam certum constet, nullam, etsi aliquis occurreret Telluri Cometa, in eamque irrueret, pertimescendam esse gravem perturbationem. Cometa equidem anni 1770, qui Telluri valde appropinquavit, nullam in ejus motibus perturbationem intulit. D. Laplace pluribus argumentis demonstravit hujus Cometae actionem nonnisi duabus horis et minut. 28′ annum sidereum augere tunc tantum potuisse, quum ejus massa Telluris massam aequaret; quum autem ejus massa sit 0,0005 nostrae Telluris, et fortassis etiam minor, intelligitur quare ne minimam quidem perturbationem in illam induxerit: quinimo innocue pertransierit inter Jovem, ejusque Satellites. Tantum abest itaque, ut Cometae Planetarum motus perturbare, ut potius ipsi ob exiguam massam, qua praediti sunt, Planetarum actionem aliquando experiri possint. Inde etiam acci-

(1) Hunc Cometam aliqui volunt eumdem esse ac ille, qui apparuit annis 1106, 531, –34, –619...., atque hoc modo regrediendo, pervenitur ad annum 2348 ante Christum natum, quo tempore diluvium contigit.

dere potest, ut eorum orbitae aliquando ex ellipticis evadant parabolicae, vel etiam hyperbolicae; et aliquando etiam in Solem, aut in aliquod sidus fixum irruere, ab iisque absorberi valeant. Substantia Cometarum nobis est incomperta, ipsaque Newtoni sententia de natura caudae Cometarum (1179) tamquam mere probabilis hypothesis spectari debet. Cometae ad summum sex mensibus nostro sese offeruut conspectui: qui diutius apparuerunt, sunt Cometa anni 64 post Christum natum, nempe Neronis tempore; Cometa anni 603 tempore Muhamedi; et Cometae annorum 1240, 1729, et 1811. Cometarum numerus est aeque incompertus; ex 137, qui observati fuerunt decem ab hinc saeculis, 72 post Telescopii inventionem Astronomi observarunt; probabiliter eorum numerus ad 250000 assurgit, ut ait Francoeur (1).

1184. Ex his omnibus patet quam turpiter erraverint ii omnes, qui Cometarum apparitionem habuerunt ut funesta luctuosae alicujus calamitatis praesagia; eosque modo febres cruentaque praelia praenunciare, modo certam alicujus Principis mortem ominari, modo pertinacem siccitatem, famen horrendam, pestemve crudelissimam praesagire autumarunt; quorum opinionem sic eleganter exposuit Torquatus noster C. 7 St. 52.

Qual con le chiome sanguinose, orrende
Splender Cometa suol per l'aria adusta,
Che i Regni muta, e i feri morbi adduce,
Ai purpurei tiranni infausta luce.

Scite igitur celebris Poli in suo Poemate, cui titulus: *Viaggio Celeste*, Canto II.°, ait.

Queste, che fur credute un dì nel mondo
Segni funesti apportator di mali,
E fur cagione di dolor profondo
Nel sen d'ignari e creduli mortali,
Son stelle in ver, e'l Sol sostienne il pondo,
E van con leggi a tutte l'altre uguali;
Sì che giunto è ormai il fortunato istante,
Che predir puossi il rieder lor costante.

Videsis Arago *Leçons d'Astronomie*, Lect. XI., ubi plurimas quaestiones super hoc argumento dilucide resolutas invenies.

(1) Francoeur, *Uranographie*, n. 121.

CAPUT NONUM

DE STELLIS FIXIS.

1185. *Stellarum* nomine veniunt omnia corpora, quae instar punctorum lucidorum in Firmamento fulgent. Inter eas Astronomi distinguunt Planetas et Cometas, qui motu sibi proprio per coelum incedunt; et vocant *Stellas fixas*, vel simpliciter *Stellas*, eas omnes, quae eamdem inter se et constantem servant distantiae rationem. Omnes, quae circa Stellas institui possunt quaestiones, ad sequentia capita revocantur: inquiri nempe potest, quaenam sit earum a nobis distantia, unde splendor, unde earum scintillatio, quae magnitudo, qui numerus, quinam motus. Versemus cuncta singillatim.

1186. Stellarum a Tellure distantia fere superat hominum fidem. Quum enim Telluris diameter nullam habeat sensibilem rationem ad Stellarum a nobis distantiam (1072); Astronomi pro hac distantia eruenda, tamquam basim trianguli parallactici statuerunt magni orbis annui diametrum, quae fere 24000 vicibus ipsam Telluris diametrum excedit (1071). Ita enim, si Terrae orbita fuerit ABCD (Fig. 20), in ejusque centro fuerit Sol S, sidus autem aliquod fuerit E; angulus, quem capiunt duae lineae EA, EB ad orbis annui diametrum AB, esset angulus sub quo videretur magni orbis diameter a Fixa E conspecta; quo cognito, nosceretur etiam Fixae E distantia a Tellure, nempe AE. At quum nequidem eum angulum ullis vel exquisitissimis Instrumentis definire licuerit, illumque reperire saltem uno minuto secundo aequalem; id clare demonstrat, Stellas fixas nullam habere ne quidem *annuam* parallaxim (1072); seu Fixarum a Tellure distantiam esse *infinitam*, et magni orbis diametrum AB illius distantiae respectu esse *infinitesimam*. Nimirum, etsi Terra circa Solem describat ingentem ellipsim, cujus diameter est 164000 000 milliariorum, tamen Stella, ex. gr., quae hodie zenith nostro respondet, post sex menses eodem modo ipsi respondere videtur; illud quippe spatium tam ingens sub sensus non cadit, et relate ad Fixarum distantiam instar puncti se habet (1). Ut autem ingens Fixarum a Tellure distantia plenius concipiatur, ponamus, Sirii vel alterius primae magnitudinis Stellae

(1) Ds. Bessel anno 1830 maxima qua fieri potuit diligentia, parallaxim Stellae 61ae *Cygni* determinavit, eamque $^1/_3$ minuti secundi (0'', 3185) invenit; ex qua parallaxi eruitur, hujus sideris distantiam esse tot milliariorum milliones, quot unitates in numero 497557000 continentur. Paulo post D. Faye invenit parallaxim cujusdam Stellae in *Ursa majore* esse circiter 1'' (0'', 96); hinc hujus Stellae distantia est 195000×82 milliones milliariorum. Denique quidam Angliae Astronomus prope Caput Bonae Spe, invenit, Stellam α *Centauri* habere parallaxim fere 1'' (0'',9128); adeoque ejus distantiam esse = 226000 × 82000000 = 18 532 000 000. Reliquae igitur Stellae, quarum parallaxis nondum determinari potuit, ultra has immensas distantias necessario consistere debent.

parallaxim esse 1″; manifestum est telae araneorum filum (cujus diameter est 1″) positum ante oculum spectatoris in hoc sidere existentis, sufficere, ut totius eclipticae aspectum eidem subtraheret; adeoque capitis nostri capillum eidem subtraheret aspectum totius nostri Planetarii systematis, quod vicesies et amplius extenditur. Institutis supputationibus, deprehendes, hoc sidus longius Sole a nobis distare 208,000 vicibus, nempe 17 milliariorum bilionibus (1); distantia adeo ingens, ut lux, quae a Sole ad nos intra minuta 8′,13″, pervenit, ab hoc sidere emissa, post 8′,13″, per 208,000 ducta (quae faciunt annos tres et dies 81) oculos nostros percelleret, et 170 milliariorum millia unius minuti secundi intervallo percurreret. Quod si existunt (id quod in dubium revocari nequit) Stellae millies ultra Sirium positae, lux ab iis emissa nonnisi post annos 3000 in oculos nostros incurreret. Distantia et celeritas, quae nec sensibus, nec imaginatione potest comprehendi! Forsan, inquit Francoeur (2), quasdam videmus Stellas, quae jam existere desierunt; quin imo forsan existunt Stellae, quae etsi 6000 abhinc annis conditae fuerint, in ea tamen distantia sunt collocatae ut lux ab iis emissa nondum ad nostros oculos pervenit.

1187. *Stellarum splendor.* Stellae non fulgent lumine aliunde accepto, ut Luna et caeteri Planetae; undenam enim Stellae splendorem mutuarentur? Non quidem a Sole, a quo, ut vidimus (1186), remotissimae sunt; si namque cum extremis Planetis nostri Systematis Planetarii conferantur, ex. gr., cum Saturno, Urano, vel Neptuno, liquido constabit eas arripere non posse lumen a Sole: lucem enim emittunt multo validiorem luce eorumdem Planetarum; hinc quum a Sole valde remotiores sint, ubi ab eo acceptam referrent, multo infirmius illam diffunderent. Stellae igitur tamquam totidem Soles haberi debent, per immensa mundi spatia undique disseminati, et longissimis intervallis a se invicem distantes; quin imo Sol ipse nihil aliud est, quam una ex Fixis, cujus lux, calor et extensio, proportionales sunt distantiae, unde illum spectamus. Quumque Deus nihil frustra moliatur, non credibile est, ait Keillius (3), Deum tot innumeros Soles in locis tam remotis solitarie locasse, et nulla juxta posuisse corpora, quae horum luce et calore foveantur: hoc Sapientiae Divinae minime congruum esse videtur; sed confitendum potius est, Solem unumquemque suo quoque Planetarum comitatu cingi, qui circa Soles hos, diversis periodis, ad diversas distantias, Lunis quoque suis stipati, suos describunt orbes; ita ut horum singuli propriis Planetis stipati totidem

(1) 208000×82000000 = 17056000000000.
(2) Francoeur, *Uranographie*, n. 131.
(3) Keill, *Introd. ad ver. Astron. Lect. IV.*

Mundos seu Systemata constituant. Argumentum hoc, unde admirabilis et magnifica oritur amplitudinis mundanae idea, et Divinae Omnipotentiae ac Sapientiae invictissima demonstratio, praeclare et eleganter pertractat Fontanelle in celebri Tractatu: *Entretien sur la pluralité des Mondes*, quem legas volumus.

1188. Stellae igitur vividissimo fulgent lumine; sed Stella a Stella differt in claritate: oritur ne id ab inaequali earum a Tellure distantia, an inaequali earum magnitudine, an vero ab alia caussa nobis ignota? Probabile est has causas ad hunc effectum producendum vel seorsim concurrere posse, ita ut quae splendidiori fulgent lumine, aut viciniores nobis existant, aut aliis sint grandiores; vel una simul conspirare. Inter Stellas sunt aliquae, quarum splendor datis intervallis varius est, et colorum vicissitudinibus obnoxius, quae *Stellae mutantes* (stelle cangianti) vocari solent; sunt aliae, quarum fulgor sensim minui videtur; aliae denique prius latentes emicuerunt, quae per aliquod tempus conspicuae apparuerunt, deinde paullatim decrescentes, tandem evanuerunt, quasi extinctae fuissent, uti illa, quae ab Hipparco Astronomorum principe notata fuit, eumque impulit ut Fixarum catalogum adornaret (1). Putant quidam Astronomi tum has splendoris et magnitudinis apparentis diversitates, tum etiam novarum Stellarum apparitionem vel veterum occultationem, ex eo oriri, quod ejusmodi Stellae Planetis prae ingenti distantia nobis inconspicuis stipentur, qui proinde in suis conversionibus sese inter illas et oculos nostros interponentes, earum deliquium producant: alii vero post Maupertuisium suspicantur, ejusmodi Stellas circa proprium axem converti, earumque superficiem aliquibus maculis et corporibus opacis obtegi, quae nobis identidem sese offerant; alii denique cum Delalande credunt lenticularem esse Stellarum figuram, ut idcirco fiant conspicuae, ubi latam obvertant nobis superficiem; inconspicuae vero, ubi pars earum gibbosior nobis objiciatur.

1189. *Stellarum scintillatio.* Stellarum fixarum lux quamdam tremoris ac palpitationis speciem jugiter exhibet, quae in Planetis nullatenus conspicitur. Hic Stellarum tremor dicitur *scintillatio.* Haud facile hujus phaenomeni caussam possumus assignare. Probabile est, Stellarum scintillationem oriri a vaporibus per atmosphaeram innatantibus; nam D.s Saussure observavit in praealtis

(1) Nuperrime, mense Augusti anni 1850, Januarius Colomarde Sibiliae Canonicus Academiae Scientiarum Parisiorum enuntiavit, se detexisse Stellam telescopicam antea invisibilem inter Stellam polarem, et ultimam Stellam caudae Ursae minoris; quam omnino diversam putat ab illa, quam anno 1109 Arzachel Astronomus Arabus Toletanus observavit in ventre ejusdem Ursae. Hujus splendor est crescens, ita ut si uniformiter progrederetur, intra paucos alios menses illam nudo oculo visibilem fore idem Astronomus putaret. Vid. Diarium Neapolitanum *Omnibus*, 21 Sept. 1850. n. 76. Cose diverse.

montibus, ubi minima est vaporum copia, Stellas, maxime quae ad spectatoris zenith existunt, nullam scintillationem exibere. Constat etiam, Stellas lucem eo enixius vibrare, quo horizonti sunt propiores. Alii alias caussas inducunt, censentque trepidationem illam oriri ex vividissima luce Fixarum, quae nostram retinam valide succutit; adeo ut hoc phaenomenon sit sensuum nostrorum potius, quam lucis Stellarum affectio; id quod clarius explicaret, cur quo magis obscura est nox, eo major sit Setlarum scintillatio, et cur in Planetis quorum lumen infirmum est ac debile, nec tanta, nec tam vivida eadem vigeat.

1190. *Stellarum magnitudo.* Quum Stellarum a Tellure distantia nobis sit incomperta (1086), nec ulla nobis suppletat ratio, qua earum diametrum apparentem mensurare valeamus; sequitur, Stellarum realem magnitudinem penitus ignorari. Etiam telescopio inspectae, quod plurimum augeat objectorum diametros, nonnisi ut lucida puncta exiguae magnitudinis nobis apparent (1). Diversam tamen illae exhibent magnitudinem apparentem; hoc autem, ut omnibus persuasum est Astronomis, vel ex eo oritur, quod sint aliae aliis majores, vel quod diversas obtineant a nobis distantias: hinc factum est, ut pro diversa magnitudine, et diverso splendore in varias classes distributae fuerint. Quae omnium maximae videntur et splendidissimae, dicuntur Stellae *primae magnitudinis*; minimae omnium, quae nudis oculis videri queunt, *sextae magnitudinis* appellantur, intermediae suo quaeque ordine, *secundae*, *tertiae*, *quartae*, *quintae magnitudinis.* Quae vero nonnisi juvante telescopio cernuntur, aliam seriem *septimae*, *octavae*. . . . *decimae sextae magnitudinis* efficiunt.

1191. *Constellationes.* Verum Stellas non tantum secundum magnitudinem distinxerunt Astronomi, sed quo melius in ordinem ferrent, eas per situm quem invicem servant, indicarunt, et in *Asterismos* seu *Constellationes* distribuerunt, plures Stellas singulis *Constellationibus* assignando (2). Est autem *Constellatio* plurium Stellarum sibi juxta jacentium systema. Ut autem facilius Stellas omnes

(1) Stellae telescopio inspectae minores, quam nudis oculis apparent ex eo, quod omnia corpora vivide lucentia in tenebris visa quadam irradiatione seu *capillitio* cingantur, unde fit, ut centies et amplius majores conspiciantur. Hujus phaenomeni caussa eadem est ac illa, unde scintillatio pendet, quare multum minuitur irradiatio, si per chartam acu perforatam Stellae conspiciantur, et melius huic incommodo medetur telescopia adhibendo, quae radiorum illorum vim retundunt.

(2) Distinctio Stellarum in Constellationibus, et nomina ex mythologia ipsis imposita longe antiquissima sunt: nam in vetustissimo libro Iob memorantur *Orion*, *Arcturus, Hyades* atque *Plejades*, ex gr. Cap. IX, v. 9. habetur: *Qui facit Arcturum, et Orionu et Hyadas et interiora Austri;* Cap. XXXVI, *v.* 9. pariter dicitur: *Ab interioribus egredietur tempestas, et ab Arcturo frigus*; Cap. XXXVIII. *v.* 31: *Numquid coniungere valebis micantes stellas Plejades, et gyrum Arcturi poteris dissipare?* Multa etiam occurrunt Constellationum nomina apud Homerum atque Hesiodum, Poetarum antiquissimos.

in Coelo notare ac observare possent, Constellationes ad formas animantium, et rerum quarumdam imagines ex Veterum Mythologia desumptas iidem Astronomi reduxerunt, easque retinuerunt recentiores Astronomi, ne in conferendis antiquis cum nuperis observationibus confusio et perturbatio oriretur (1). Coelum stellatum in tres regiones partiti sunt Astronomi, quarum mediam zodiaco dederunt, et dodecatemoriis (1043) duodecim Constellationes assignarunt; zonam hanc ex utroque latere claudunt duae reliquae coeli regiones, quarum una comprehendit borealem coeli plagam, altera australem. Quumque in toto coelo ipsis visibili 48 Constellationes distinxissent, factum est, ut, assignatis zodiaco duodecim Constellationibus, alias 21 in boreali hemisphaerio, et reliquas 15 in australi collocarunt: caeteras denique Stellarum aggregationes (gruppi di Stelle), quas in Constellationes non poterant referre, *informes* seu *sporades* (2) appellarunt. Constellationes boreales sunt, *Ursa minor*, *Ursa major*, *Draco*, *Cepheus*, *Bootes*, *Corona septentrionalis*, *Hercules*, *Lyra*, *Cycnus*, *Cassiopea*, *Perseus*, *Andromeda*, *Triangulum*, *Auriga*, *Pegasus*, *Equuleus*, *Delphin*, *Sagitta*, *Aquila*, *Serpentarius*, et *Serpens*. Hisce postea adjectae sunt Constellationes *Antinoi* ex *informibus* prope Aquilam, et *Comae Berenices ex informibus* prope caudam Leonis. Ad australem zodiaci partem sunt sequentes 15 Constellationes, nempe *Cetus*, *Eridanus*, *Lepus*, *Orion*, *Canis major*, *Canis minor*, *Argo navis*, *Hydra*, *Crater*, *Corvus*, *Centaurus*, *Lupus*, *Ara*, *Corona australis*, et *Piscis austrinus*. Tam in boreali, quam in australi regione additae sunt novem Constellationes, quarum nomina si scire cupias, adeas Arago (3) et Francoeur (4).

1192. *Via Lactea*. Ad Constellationes etiam pertinet *Via lactea* (Γαλαξία), lata nempe illa fascia lacteo colore perfusa, quae nocte serena et illuni in coelo conspicitur, eclipticam in Capricorno et Geminis secat, et a puncto prope Scorpionis caudam in duos tramites partitur, quorum alter versus septentrionem dirigitur, alter vero paullo orientem versus deflectit. Hunc coeli tractum innumeris et minutissimis Stellis refertum esse, telescopio invento, deprehendit Galilaeus; et quamvis singulae hae Stellae nudo oculo sint inconspicuae, conjunctis tamen luminibus eam coeli regionem illustrant, et candore suo perfundunt. Herschellius, ope sui magni

(1) Recentiores Astronomi, quamvis retinuerint imagines et nomina a veteribus Astronomis Constellationibus imposita; tamen quo commodius distinguerent singulas Stellas in unaquaque Constellatione positas, eas litteris graecis vel romanis designare solent: dicunt, ex, gr, *Stella α Ursae majoris*, *stella β Geminorum*, *Stella γ Orionis*, etc.

(2) σπόραδες, sparsae.

(3) Arago, *Leçons d'Astronomie*, *Lect: IV*,

(4) Francoeur, *Uranographie*, n. 140.

telescopii, in hujus viae lacteae portione, quae gradus 15 circuli maximi complectitur, et duobus gradibus est lata, Stellas 50000 distinctissime conspexit, totidemque alias interrupte apparentes ibidem existere suspicatus est, quae ob sui exiguitatem lucisque debilitatem non bene satis discerni poterant.

1193. *Nebulosae.* Praeter viam lacteam, alias quoque in coelo, diversis intervallis, albicantes maculas, quae *nebulosae* appellari solent, telescopiis observare datum est. Eas maculas esse etiam Stellarum complexus, Herschellio pariter innotuit: qui hactenus plusquam 2000 ejusmodi maculas detexit, statuitque illas sexcenties et amplius esse reliquis Stellis remotiores. Eas laudatus Herschel in quasdam classes distribuit, nempe 1.° in *congeries globulares* et irregulares Stellarum, quae oculo armato reipsa discerni possunt; 2.° in *nebulosas resolvibiles*, quae ope ingentis telescopii in Stellas propemodum innumeras resolvi possent; et 3.° in *nebulosas* proprie dictas, quae nullo modo iis mediis, quibus hodiedum utuntur Astronomi, in Stellas resolvi possunt. Sed de his, et de Stellis, quas *duplices* et *multiplices* vocant, nec non de iis, quae colores identidem mutare solent (1188) videsis supra laudatum Francoeur (1).

1194. *Stellarum numerus.* Ex iis omnibus patet, ingentem ac prope innumerabilem esse Stellarum numerum, si de iis absolute loquamur; quo sensu *Genesi* (2) scriptum est: *numera Stellas, si potes;* solique Deo constant, *qui numerat multitudinem Stellarum, et omnibus eis nomina vocat*, ait Psaltes Regius (3). Si vero de iis, quae tum nudis oculis, tum telescopio dinumerari possunt, verba faciamus, earum numerum hodie fere ad 80000000 exporrigitur. Hipparcus Rhodius, annis circiter ante Christum natum 147 primus inter Graecos Stellarum Catalogum adornavit, *ausus*, ut ait Plinius (4), *rem etiam Deo improbam;* in eoque Catalogo ex propriis et antiquorum observationibus Stellas 1022 retulit, unicuique propriam latitudinem et longitudinem tunc temporis competentem assignavit; easdemque in sex classes distribuit, in quarum prima 15 fulgentiores Stellas, seu primae magnitudinis recensuit (5), in

(1) Francoeur, *Uranographie*, n. 135. *et seq.*
(2) Gen. *Cap. XV. v. 5.*
(3) Psalm. 146. v. 4.
(4) « *Ausus rem etiam Deo improbam, adnumerare posteris Stellas, ac sidera ad* « *normam expangere, organis excogitatis, per quae singularum loca atque magnitu-* « *dines signaret, ut facile discerni posset ex eo, non modo an abirent, nascerenturve,* « *sed an omnino aliqua transirent moverenturve, item an crescerent minuerenturque,* « *coelo in haereditate cunctis relicto, si quisquam, qui rationem eam caperet, in-* « *ventus esset.* Plin. *Hist. nat.* L. II. XXVI.
(5) En nomina harum 15 Stellarum primae magnitudinis a lingua araba et graeca desumpta: 1. *Sirius*, 2. *humerus dexter Orionis*, 3. *ejus pes sinister, seu Rigel*, 4. *oculus Tauri, seu Aldebaran*, 5. *Capra*, 6. *Lyra*, 7. *Arcturus*, 8. *Cor scorpionis seu Antares*, 9. *Virginis Spica*, 10. *Cor Hydrae*, 11. *Cauda Leonis*, 12. *Leonis*

secunda Stellas 45 secundae magnitudinis, in tertiae 208 tertia magnitudinis, in quarta 474 quartae magnitudinis, in quinta 217 quintae magnitudinis, in sexta 49 sextae magnitudinis, in septima denique 14, quas *nebulosas* appellavit. Ptolomaeus Hipparchi Catalogum quatuor Stellis adauxit, 1026 numerando. Pluribus aliis Stellis Catalogum auxerunt Tycho Brahe, Io: Keplerus, P. Ricciolus Iesuita, Io. Hevelius, aliique; at catalogum longe amplissimum et accuratissimum dedit anno 1725 Ioannes Flamsteedius Astronomus Greenovicensis (Greenwich), in quo catalogo numerus Stellarum ad 3000 excurrit. Hodie numerus Stellarum in Catalogis D[ni] Herschel et Struve ad 20 000 ascendit, at in catalogo P. Piazzi 23 000 Stellae adnumerantur, quibus latitudo, et longitudo propria assignatur.

1195. *Stellarum motus.* Quamvis omnes Stellas eamdem semper inter se conservare distantiae rationem dixerimus (1185), et nonnisi apparenti motu diurno cum coelo, in quo immobiles consistunt, moveri; id tamen non ita absolute intelligendum est, ut nullatenus moveantur. Post diligentissimas enim observationes deprehenderunt Astronomi illas lentissime etiam in mundano spatio moveri, eumque motum esse toto coelo diversum ab eo, qui a parallaxi (1065), a praecessione (1136), et ab aberratione (1144) procedit, quum diversam ab iis omnino directionem sequatur. Sirius, ex.gr., motu annuo sibi proprio fertur, qui 2″ unius gradus describit; Arcturus suo motu describit 1″, 5; Procyon describit 0″, 7; 29ª Stella Eridani percurrit 4″, etc. Hi motus, quamvis exigui, in diversis absolvuntur directionibus; innuuntque Stellas hasce, utpote in ingentibus distantiis positas, ingentia etiam spatia percurrere. Verisimile autem est, omnes Stellas moveri, sed ob earum immensam distantiam immobiles apparere.

1196. Atque haec est brevis mundanae constitutionis descriptio; ex qua perspicue intelligitur, Mundum hunc esse Divinae Sapientiae, Omnipotentiae, et Bonitatis theatrum, Gloriaeque ejus immensae et infinitae palatium. Dicamus igitur cum Propheta Regali: *Domine Dominus noster, quam admirabile est nomen tuum in universa Terra!... Videbo coelos tuos, opera digitorum tuorum, Lunam et Stellas, quae Tu fundasti!* (1).

cor, seu Regulus, 13. *Canopus*, 14. *Fomalhaut*, 15. *Achumar*. Ex his 15 Stellis quidam putant, *Virginis Spicam*, et *cor Hydrae* esse *secundae magnitudinis*; quidam vero contendunt, inter *primae magnitudinis* Stellas esse etiam adnumerandas *Altair, Procyonem, Castorem, et Cycni caudam*; adeoque volunt Stellas *primae magnitudinis* esse 20. Sed de his videant Astronomi.

(1) Ps. 8. v. 1. 4.

CAPUT DECIMUM

DE CAUSSA MOTUS CORPORUM COELESTIUM

1197. Explorata mirabili Mundi constitutione, exploratis motibus, quibus coelestia corpora subjiciuntur, cuique obvia fit haec quaestio: Cuinam caussae, cuinam materiae proprietati debentur hi motus ita uniformes et regulares, ex quibus omnia corpora coelestia iisdem simplicissimis Legibus regi demonstravimus? Mirum est quantum in hac caussa assiguanda hallucinati sint veteres Philosophi; inter eos enim alii, quo siderum motus explicarent, iis animam tribuebant, ut Plato (1), et Tullius (2); alii opinati sunt a Deo cieri astra, vel a spiritibus, ut Aristoteles (3), Stoici (4), et Scholastici (5); Keplerus existimavit circumdari astra a radiis Solis in centro Mundi existentis, et circa suum axem rotantis, ex quo quaquaversus egredi quasdam species materiales posuit, quae Planetarum tenui fluido innatantium, et proclivium ad motum omnem, poris inductae, eosdem rapiunt in orbem (6). Renatus Cartesius, magnus ille vorticum fabricator, magno in vortice versari Planetas constituit, cujus in centro Sol dum extaret, circumferri sibi universos cerneret pro ratione distantiarum (7). Sed omnia haec figmenta, imo humanae mentis deliria ex Scholis evanuerunt, postquam Newtonus plurimis, iisque splendidissimis argumentis ac demonstrationibus omnes astrorum motus ab *attractione* seu *gravitatione universali* accersivit (8). Huic enim systemati, quod mirifice omnes Naturae leges explicat, omnes tum Physici, tum Astronomi hodie litant, quidquid deinde effutiant aliqui, numero paucissimi, quibus attractio est infensa, quique ajunt hoc modo in veteris Philosophiae Scholasticae tenebris nos relabi, et *sympathias, vacui horrores, qualitates occultas*, mutatis tantum vocabulis, ad vitam revocare. Systema illud breviter exponamus.

1198. Ponit imprimis Newtonus immensum et inane spatium, in quo sidera suos orbes sine ulla offensione describere possunt. Sub rerum igitur initio, ait, Deus Planetas circa Solem, et Satellites circa suos Planetas primarios ita per lineam rectam *projecit*, ut tangentem percurrerent, et per spatii immensitatem sese disperderent,

(1) In Epinomide.
(2) De nat. Deor. L. 2. c. 15. et 16.
(3) Methaphys. L. 12. c. 7.
(4) Tertull. adv. Gent. c. 47.
(5) S. Thom. Opusc. 11. art. 2.
(6) Epist. Astron. Copernic. L. IV.
(7) Princip. Part. 3. n. 30. et seq. - Fontenellius Theor. vortic. Cartes.
(8) Princip. Math. Philos. nat. L. 1. Sect. 2 et 3.

nisi *attractio* seu *gravitatio* in centrum motus eos pelleret, cogeretque progredi per curvam. Ex harum duarum virium (quarum primam *centrifugam*, alteram vero *centripetam* (251) appellavimus) combinatione fit, ut Planetae omnes in suis orbitis circa Solem, et Satellites circa suos Planetas primarios describendis detineantur, et a semitis, quas Deus iis assignavit, numquam deflectant. At undenam Newtonus eruit, omnia corpora coelestia *vi centripeta* donari, cujus ope se invicem petant? Hujus enim existentia si demonstretur, necessario *vis centrifuga* seu *projectionis* admitti debet; alioquin motus curvilineus nullo modo existere potest (254).

1199. Jam vidimus (39) Tellurem in omnia corpora ad suam superficiem posita actionem suam exercere, eaque ad se attrahere vi gravitatis; ejusmodi vero vim tamquam *constantem*, quae scilicet singulis tempusculis suam edat actionem, spectari posse diximus (45). Quidni vis illa, qua corpora coelestia se invicem petunt, ejusdem esset naturae ac vis gravitatis? Summo Newtoni ingenio hujus quaestionis resolutio debetur. Hic namque tum observationibus, tum mathematicis demonstrationibus extra omnem dubitationis aleam posuit, *corpora coelestia in se mutuo agere ex vi centripeta, quae cum vi gravitatis et attractionis ejusdem esset naturae*. Nam 1° corpora omnia, quae a communi aliquo centro ex vi gravitatis attrahuntur, tribus famosissimis Kepleri Legibus (262) necessario subjiciuntur, *areas nempe percurrunt temporibus proportionales; suas periodos ea ratione absolvunt, ut temporum quadrata sint inter se, ut cubi distantiarum; curvamque describunt ad conicas sectiones spectantem*; atqui ex superius demonstratis (1112, 1119) Planetae tum primarii circa Solem, tum Satellites circa suos primarios ab iis Legibus ne latum quidem unguem recedunt; motus igitur, quo tum Planetae circa Solem, tum Satellites circa suos Planetas primarios vehuntur, ex gravitate procedit. Atqui actioni aequalis et contraria est reactio; ergo eadem vi, qua Sol Planetas, et Planetae Satellites attrahunt, etiam Sol a Planetis, et Planetae a Satellitibus attrahuntur. 2°. Praeterea ex observationibus innotescit, Planetas, dum sibi invicem in suo motu accedunt, aliquas subire vicissitudines, quas *perturbationes* Astronomi vocant (1139): Saturnus, ex. gr., a sua semita paullulum deflectit, dum transit prope Jovem, qui magnitudine reliquos Planetas excedit: Saturnus itaque et Jupiter se mutuo attrahunt. 3°. Flamsteedius observavit, a Saturno perturbari motum Satellitum Jovis, quos ad se paullulum attrahit, dum prope illos pertransit: igitur Jovis Satellites in Saturnum tendunt, et Saturnus in illos; ergo *vi gravitatis* singula coelestia corpora nuper memorata in se mutuo agunt.

1200. 4° Sed perspicue demonstravit Newtonus, *vim qua Luna in sua orbita retinetur, in Tellure residere, et nullatenus a gravitate*

terrestri differre; Lunam nempe ex eadem gravitationis lege ad Terram ferri, qua grave quodlibet ad Telluris superficiem decidens, ad ejus centrum tendit (1).Quo Newtoni calculus exponatur, ad mentem revocare oportet, Lunam intra dies 27, $7^{h.}$, 43′, seu brevius intra 27^{d} , 3200 suam orbitam circa Tellurem, seu gradus 360 conficere.Si itaque gradus 360 per dies 27,3200 dividas, comperies, Lunam in unoquoque die gradus 13,11″ circiter ejusdem orbitae describere: atqui gradus 13,11″ efficiunt minuta prima 791, minuta secunda 47460, minuta tertia 2847600; dies autem unus resolvitur in minuta secunda 86400; dividendo igitur minuta tertia spatii per minuta secunda temporis, nempe 2847600‴ per 86400″, quotus erit 33‴, qui nihil aliud exprimit, nisi Lunam in intervallo 1″ arcum 33‴ suae orbitae percurrere. Atqui arcus 33‴ orbitae lunaris (cujus radius seu distantia media a Tellure est milliariorum 206 000) ex geometria invenitur esse pedum 3133; Luna igitur intra unius secundi intervallum hoc spatium suae orbitae percurrit. Si Luna gravitatis terrestris actioni minime subjiceretur, sed ex sola projectionis vi per tangentem ageretur, haec linea ab orbitae arcu ,adeoque aTelluris centro deflecteret $\frac{3}{5}$ unius lineae, seu $\frac{1}{239}$ unius pedis, ut ex Trigonometria compertum est. Haec igitur est gravitatis terestris actio in Lunam intra unius secundi intervallum. Atqui corpus quodcumque prope Telluris superficiem decidens, pedes 15 circiter intra unius secundi intervallum percurrit (212); semidiameter vero terrestris est (1060) milliariorum 3438. Igitur, ut verum esse possit quod asserit Newtonus, nempe ex eadem terrestris gravitatis actione trahi tum Lunam, tum corpora terrestria,opus est ut 15 pedes ita se habeant ad $\frac{1}{239}$ pedis partem, quemadmodum quadratum semidiametri orbitae lunaris se habet ad quadratum semidiametri terrestris; nempe ut sit

$$15 : \frac{1}{239} = (206000)^2 : (3438)^2;$$

Atqui $15 : \frac{1}{239}$ se habet ut 3585 : 1 ; ex natura namque fractionum , si 15 in 239 ducantur , productum 3585 innuit , pedes 15 ita se habere ad $\frac{1}{239}$ pedis partem, ut 3585 pedes (qui numerus ad quadratum numeri 60 proxime accedit) ad 1 pedem, seu ad quadratum numeri 1. Atqui semidiameter orbitae lunaris est ad semidiametrum terrestrem etiam ut 60: 1. Igitur ea-

(1) Princip. L. 3. prop. IV.

dem gravitatis actio, qua Tellus corpora terrestria ad se allicit, Lunam etiam ad se trahit. Luna itaque in sua orbita circa Tellurem ex gravitatis terrestris actione movetur; qui motus impossibilis foret, nisi ex vi centripeta versus Terram constanter traheretur. Iisdem argumentis evincitur etiam singulos Satellites ad suos Planetas, et Planetas ad Solem eadem lege tendere (1). Gravitationis universalis itaque existentia evincitur 1° e motu Planetarum circa Solem secundum Kepleri leges, 2° ex perturbatione motus Saturni in suo transitu prope Jovem, 3° ex perturbatione motus Satellitum Jovis propter Saturni attractionem, 4° denique ex motu Lunae circa Tellurem; quibus omnibus addi potest et aequinoctiorum praecessio, et axis terrestris nutatio(1138).

1201. *Aestus maris*. Sed gravitationis universalis existentia mirifice etiam se prodit in illo phaenomeno, quod *aestus maris* appellatur, de quo etiam pauca dicamus. Consistit hoc phaenomenon in eo, quod aquae maris in libero apertoque oceano, ex. gr. in Atlantico ubi *Galliae* interjacet et Capiti *Bonae Spei*; in Pacifico, ubi Chiliensem oram et Peruvianam alluit, bis in die sensim ad littora fluant, sensimque refluant: scilicet aquae maris per sex circiter horas versus littora attolluntur; deinde aliquorum minutorum intervallo quiescunt; postea per sex alias horas refluunt, et interim per aliquot minuta quiescunt: ac eadem lege rursum ad littora accedunt, et recedunt. Motus aquarum versus littora dicitur *fluxus*; recessus earumdem a littore dicitur *refluxus*; duplex iste motus communi vocabulo *aestus maris* appellatur. In assignanda hujus phaenomeni caussa inter veteres optime ratiocinatus est Plinius in *Historia Naturali* (2), qui ejus caussam in Sole, Lunaque ponit. Inter recentiores Galilaeus putabat maris aestum oriri a motu Telluris annuo ac diurno. At Keplerus omnium primus opinatus est illum oriri ex Luna attrahente aquas, super quas incumbit. Newtonus tamen, pro eximia, qua valebat, mentis acie, ex mirabili consensu aestus marini cum Lunae motibus apertissime demonstravit, hoc phaenomenon non aliunde provenire, nisi ex *mutua tum Lunae, tum Solis in aquas gravitatione.*

1201. Ut autem Newtonianae thesis demonstratio clarius pateat, sciendum est, triplicem esse periodum, qua marinus aestus absolvitur, *diurnam* nempe, *menstruam*, et *annuam*. Periodus *diurna* contingere cernitur, dum meridianum Luna percurrit die ac nocte; horarum quippe 6, et minutorum 12 spatio aquae eriguntur; tum eodem intervallo deprimuntur; deinde iterum eadem lege eriguntur et deprimuntur, ita ut intra horas 24 et minuta 48 bis fluant ver-

(1) Vide Cagnoli, *Notiz. Astronom. n. 664.*

(2) *Aestus maris accedere, et reciprocare, maxime mirum, pluribus quidem modis, verum causa in Sole, Lunaque. Plin. Hist. mundi, Lib. II. CIX.*

sus littora, et bis a littore defluant. Periodus *menstrua* a lunari mense pendet, et in eo se prodit quod singulis mensibus lunaribus auctior habeatur aestus in novilunio et plenilunio, quam in quadraturis; non autem statim post novilunium et plenilunium, sed ubi a syzigiis gradibus fere 18 Luna distat, seu duobus vel tribus elapsis diebus: praeterea in syzigiis altius aqua attollitur, dum Luna est perigea. *Annua* periodus in eo sita est, quod aestus marini, caeteris paribus, sint maximi diebus aequinoctialibus, minimi vero diebus solstitialibus; in solstitio autem hiberno aquae magis intumescant, quam in aestivo.

1203. His positis, quum Telluris figura sine errore sensibili spectari possit tamquam sphaerica (1061), exhibeat *bdae* hanc sphaeram, cujus centrum sit in T. Ubi igitur Luna directe respondeat superficiei maris in *b*, aqua ibi existens, utpote vicinior Lunae, majori nisu attrahi debet a Luna, quam caeterae Telluris et maris partes, quae In punctis *d* et *e* versantur, suntque a lunari corpore distantiores; quare maris aqua attollitur versus Lunam, atque intumescit in B. Ejusdem plane attractionis gratia, eodem tempore, quo mare intumescit in B, intumescere etiam debet in opposito hemisphaerio versus A; nam aqua in loco *a*, qui est loco *b* e diametro oppositus, quum longius absit a Luna, quam Tellus reliqua, minus proinde ad Lunam tendet quam reliquae partes; adeoque a Tellure quasi derelicta, a centro in contrarias partes abibit, sive tumescet in loco A. Unde aqua a locis *d* et *e* affluente ad A et B, oriuntur duae aquarum intumescentiae; altera B locum obtinens Lunae directe subjectum, altera A eidem e diametro contraria. Hinc oceani superficies ovatam figuram assumet, cujus major diameter erit AB, minor DE. Quum post horas 6 et min. 12 ob diurnam rotationem punctum B in *d* pervenit, et Luna in suo cursu etiam progreditur, ob majorem a Luna remotionem aquae demittuntur, fitque affluxus ad littora; effluxus vero in A iterum peragitur, rursumque affluxus in D quando mare B a *d* in *a* et in *e* tempore aequali properat: minutis enim 48 dies solaris est lunari diuturnior. Ab impetu, quem aquae a Luna accipiunt, et diu servant, oritur aestuum retardatio; summam scilicet altitudinem mare consequitur duabus ferme horis vel tribus post transitum Lunae per meridianum, quia vis Lunae etsi minuatur, additur priori, ut sit caeteris validior.

1204. Facile hinc explicari potest cur in novilunio et in plenilunio aestus sint majores; quum enim Luna in E et Sol in S degunt (Fig. 17), in conjunctione sunt; hinc eorum vires in attollendis aquis extantibus in *x* et T amice conspirant; quum vero Luna ab E in G defertur, et opponitur Soli, conveniunt pariter attractiones, et aquae in punctis oppositis item ascendunt; hinc summa illarum e-

latio in noviluniis evenit ac in pleniluniis. At in quadraturis, Solis et Lunae vires, quin mutuo conspirent, sunt divergentes, ita ut a Sole versus x aquae ducantur, et a Luna versus y vel z; hinc minus attolli debent, quam in syzygiis.

1205. Aestus aquarum annuus ex iisdem caussis explicatur. Ideo enim fluxus et refluxus majores sunt in noviluniis ac pleniluniis aequinoctialibus, quia aequinoctiorum tempore Sol et Luna degunt in aequatore, et attractionem directe exerere possunt ad maris superficiem ; oblique autem agunt, quando in tropicis commorantur, syzigiasque complent solstitiales. Quumque hiemali tempore Sol sit proximior Telluri, quam aestate, necessario sequi debet, ut effluxus qui prope hibernum solstitium absolvitur, si cetera sint paria, praestet aestivo. Dubitari igitur nequit quin aquae maris ascendant et descendant ex virium lunarium et solarium complexione. Hinc certo concludere possumus, mirabilem universalis attractionis Legem in omni mundana natura suum imperium exercere.

1206. Quum Luna eam in aquas maris vim exerceat, ut in datis intervallis hae modo attollantur, modo deprimatur, inficiari nequit illam etiam in mobilissimam nostram atmosphaeram aliquam actionem exercere, cujus effectus accurate nondum definiri potuerunt. Inde tamen non sequitur, ut credit ignarum vulgus, ex Lunae phasibus pendere temporis varias mutationes, ventos, pluvias, serenitatem, pluraque alia naturalia phaenomena. Quum enim Luna eamdem semper faciem nobis obvertat (1081) ; fieri nequit, quin eodem semper modo suam vim in Tellurem ejusque atmosphaeram exerat ; adeoque si ab hac ejus actione venti, pluviae, serenitates omnino penderent, in quolibet mense synodico iidem effectus statis periodis redire deberent ; id quod continuae experientiae contrarium est. Quod si quandoque temporis mutationes ab Astrologis sic dictis praenunciatae ipsorum praedictionibus responderunt, casu id evenisse fatendum est. At undenam vulgi opinio de temporum mutationibus variis Lunae phasibus respondentibus originem trahere potuit ? Non aliunde, ait D. Arago, nisi ex eo quod homines horum phaenomenorum caussas exquirentes falso ratiocinati sint, et accurate notaverunt omnes mutationes phasium tempore evenire solitas, nulla habita ratione de iis, quae diebus intermediis inciderunt, quaeque aliquando crebriores et variae fuerunt. — Nec dicas pro varia lucis quantitate, quam in diversis phasibus Luna emittit, illam diversimode in sublunaria corpora influere posse : vidimus enim (855, not. 2) Lunae lucem a Bouguerio in speculo ustorio, vel lentis ope collectam, et in sensibilissimum thermometrum directam, nullum sensibilem calorem, nullam mutationem, nullam rarefactionem induxisse: quanto magis igitur nullum effectum producere poterit, si non collecta, sed dispersa, ut emitti a Luna so-

let, ejaculetur? Et quamvis nuperrime M. Melloni sui thermo-multiplicatoris ope a luce Lunari quaedam calorici indicia obtinuerit, haec tamen sunt ita exigua ac debilia, ut non videamus, qua ratione eadem lux dispersim emissa actionem aliquam sensibilem in sublunaria corpora edere possit. Concludamus igitur, Lunam in terrestrem atmosphaeram actionem quamdam exercere, sed hujus actionis modum, ob atmosphaerae mobilitatem, nobis esse incompertum; adeoque vulgi opinionem de temporum mutationibus Lunae phasibus respondentibus esse erroneam et falsam.

APPENDIX

DE KALENDARIO

1207. *Temporis* nomine intelligitur intervallum illud, quod actiones cogitationesque nostras separat. Ejus existentiam memoria nos docet; ejusque *mensura in motu* consistit (1). Spatium igitur a corpore aliquo uniformiter eademque celeritate peragratum assumi potest pro temporis mensura : quumque Sol (ut veteribus persuasum erat) et Luna suas orbitas maxima uniformitate, quae sensibus percipi potest, describant; factum est ut a retroactis jam saeculis ad eorum astrorum motus confugerint Astronomi pro stabilienda temporis mensura. Opportunum itaque erit, si post astrorum motuum explanationem, pauca *de temporum varia dispositione* (quae inde procedit) *ad usus vitae necessarios ab hominibus excogitata*, seu *de Kalendario* hic verba faciamus. Omnibus, sed praecipue Ecclesiae Ministris necessaria est Kalendarii cognitio ; absque illa enim in plurium rerum, quae ad quorumdam S. Scripturae locorum interpretationem, ad Historiae Ecclesiasticae studium rite instituendum, ad Festorum collocationem, ad Sacri celebrationem, ad ipsius Breviarii recitationem spectant, turpi ignoratione versabuntur. Quum autem Kalendarium diversas complectatur temporis divisiones, quarum ope omnes humanae actiones, omnesque eventus in ordinem redigi possunt, uti sunt dies, hebdomadae, menses, anni, saecula, cyclus solaris, littera dominicalis, cyclus lunaris, indictio Romana, periodus Victoriana, periodus Juliana, epactae etc; hinc de iis omnibus breviter tribus in capitibus in hoc Appendice disseremus, in quorum primo loquemur de obviis temporis divisionibus; in altero de cyclis et diversis temporum periodis; in tertio denique de Gregoriana Kalendarii correctione, et de epactis.

(1) Tempus est fixum et immutabile, quin irreparabiliter fugiat, ut vulgo creditur ; nos potius transimus, et veterum Astronomorum more, qui motum Telluris Soli tribuebant, speciem pro realitate sumimus.

CAPUT PRIMUM

DE OBVIIS TEMPORIS DIVISIONIBUS

1208. Tempus communiter dividitur in *dies*, *horas*, *menses*, *hebdomadas*, *annos*, *et saecula*. De his omnibus temporis divisionibus hic loquemur.

ARTICULUS PRIMUS

DE DIEBUS ET HORIS, HEBDOMADIS, ET MENSIBUS

1209. *Dies* (1) est illud temporis intervallum, quo Sol motu apparenti suam semitam percurrit ab ortu in occasum. Est autem duplex, *naturalis* nempe et *artificialis*. *Naturalis* est tempus illud, quod labitur dum Sol a meridiano, vel ab alio aliquo coeli puncto fixo digressus ad eumdem locum regreditur; continetque non modo tempus quo Sol supra horizontem commoratur, verum etiam noctis tempus, quo idem subter horizontem delitescit. *Artificialis dies* est tempus quo Sol supra horizontem degit, et juxta hujus vocis significationem dies nocti opponitur. Quidam has voces diversimode accipiunt; priorem enim diei speciem vocant *artificialem*, alteram autem *naturalem:* sed si recte loqui velimus, utraque species diei *naturalis* nomine vocari deberet. Aptius dies artificialis appellari posset *simplex*; et dies, quem naturalem vocant, *compositus* dici posset, quia reapse ex simplici die et ex nocte componitur.

1210. Non ab eodem puncto diei naturalis initium omnes gentes ducunt. Quidam, ut Assirii et Chaldaei, a Solis ortu diem auspicantur; alii vero, ut apud nos Italos, Austriacos, Bohemos, et alibi, a Solis occasu; plurimi a media nocte, ut in Gallia, Hispania, Germania, aliisque Europae regionibus; alii denique a meridie, ut hodie apud Astronomos ac Nautas in more positum est; nam transitus Solis per meridianum est phaenomenon omnibus conspicuum, quod indicando diei principio aptissimum est: inde petitur origo *diei astronomici*, seu veri; quemadmodum temporis intervallum intra duas medias noctes sibi sequentes *diem civilem*, et *ecclesiasticum* constituit (2).

1211. Dies naturalis in partes 24 dividitur, quae *horae* vocantur. Horae aliae *aequales* sunt, aliae *inaequales*. Apud nos horae 24

(1) *Dies* sic dictus a Ζεὺς vel Διός, *Jupiter*, quasi Jupiter sit lucis auctor.

(2) Qui diem ab ortu Solis incipiunt, hoc habent commodi, quod ex horarum numero sciant quantum temporis elapsum sit ab ortu Solis; qui ab occasu diem inchoant, illud utilitatis capiunt, quod hora statim ostendit quantum temporis ad Solis

sunt omnino pares; aliis gentibus olim placuit horis inaequalibus uti; dispescebant namque diem artificialem in partes 12 aequales, itemque noctem; nocturnae tamen a diurnis quantitate differebant, pro discrimine, quod ex aequatoris ad horizontem obliquitate advenit diei ac nocti;hinc (aequinoctiorum tempore (1), et populis sub aequatore degentibus exceptis, quibus semper dies aequantur noctibus) horae diurnae longiores erant aestate, breviores hieme. Hebraei et Romani diem artificialem in *quatuor partes*, seu *horas principales* dividebant, easque *Primam*, *Tertiam*, *Sextam*, et *Nonam* nuncupabant. *Prima* incipiebat ab ortu Solis, eratque prima ex duodecim horis, in quas diem artificialem partiebantur, et durabat usque ad horam tertiam ex iisdem duodecim; *Tertia* incipiebat a fine horae tertiae ex iisdem duodecim, ab illo nempe puncto, quo Sol ab ortu aequaliter distat, et a meridie, et pari modo usque ad horam sextam durabat; *Sexta* numerabatur a fine horae sextae, seu a meridie; *Nona* denique a fine horae nonae, et incidebat dum Sol medium locum obtinet inter meridiem et occasum: Quare unaquaeque ex his quatuor tres horas continebat (2). Ecclesia his quatuor

discessum restat, ut itinera aliique labores illi proportionari possint. At utrisque hoc est incommodum quod per horarum numerationem meridiei, mediaeque noctis tempus non innotescit, et nonnisi subducto calculo illis compertum fieri potest; nam diversis anni tempestatibus meridiei tempus diversa hora numeratur. Omnium optima est ratio inchoandi diem a meridie; hoc enim temporis punctum est fixum, nullique varietati obnoxium; et praeterea facillime per *lineam meridianam* (1041, not.) determinari potest. Hinc horologia, quae horas hac ratione signant, et vulgo dicuntur *alla Francese*, accuratiora sunt. At non idem de horologiis, quae horas a Solis occasu numerare incipiunt, et vulgo vocantur *all'Italiana*, dici potest; plurimae enim caussae hoc temporis punctum accurate determinare non sinunt. Mittimus reliquas utilitates, quae ex horologiis priori ratione dispositis in vitae usibus proveniunt. Qua de re libet verba D. Cagnoli hic afferre: «Ultimamente il difetto dell'orologio all'italiana è forse il più pernicioso: poichè adducendo continua varietà nell'ore del desinare, della cena, del levarsi, del coricarsi, dell'aprire gli uffizii pubblici, e del principiar la giornata degli operai, promuove e favorisce insensibilmente l'inerzia, lo sviamento, l'abuso delle notti, e la difficoltà di condurre una vita metodica, regolare e costante, che è l'unico antemurale dell'ozio; della quale invece una specie di necessità scaturisce dall'orologio europeo (*francese*), potendo con esso le ore, onde far le cose anzidette, mantenersi sempre le stesse per tutto l'anno.

A quest'orologio non possono rinfacciarsi che due soli incommodi, anche lievissimi. L'uno, che nominando un'ora si rende talvolta necessario, a fuggire gli equivoci, aggiugnere se sia della mattina o della sera, cioè pronunziare o scrivere due parole di più. L'altro, che l'ora del tramontare del Sole varia ogni dì; talchè si puo andare a rischio, chi non voglia pigliar nelle mani un lunario, d'uscir qualche volta al passeggio un quarto d'ora più presto o più tardi del consueto: altro mal non parendo che possa nascerne; poichè se si tratta sapere quante ore avanzino di giorno, verbicausa per intraprendere un viaggio, porta la spesa guardar sul diario a qual'ora tramonti il Sole: come bisogna pur fare nell'orologio italiano, quando chiedesi l'ora del mezzodì ». Cagnoli, *Notiz. Astron. n.* 548, 549.

(1) Hinc intelligitur ille Virgilii versus:
Libra die, somnique pares ubi fecerit horas.
Georg. 1. v. 208.

(2) Unaquaeque ex his horis indiscriminatim usurpabatur modo ad designandum integrum temporis spatium, quod illam constituebat, modo ad designandum dum-

horis principalibus adhuc utitur in persolvendo Divino Officio, easque quatuor *horas canonicas* vocat, quia primis Ecclesiae temporibus in his determinatis horis Officium divinum persolvebatur. Duodecim horas nocturnas pariter in quatuor *vigilias* seu *excubias* ita dispertiebant, ut continerent singulae tres horas, easque *primam secundam*, *tertiam*, *quartam noctis vigiliam* appellabant, eo quod singulis horis ternis stationes suas aliis militibus excubitores concederent (1).

1212. Mensis (2) est fere duodecima anni pars. Duplex est, *Lunaris*, et *Solaris*. Mensis *lunaris* est temporis intervallum quo Luna ad idem zodiaci punctum restituitur, quam periodum duodecies in anno absolvit (1160). Mensis *Solaris* est spatium temporis quo Sol unum signum, seu partem eclipticae duodecimam describit. Omnibus notum est, 12 mensium solarium nomina haec esse: *Ianuarius*, *Februarius*, *Martius*, *Aprilis*, *Majus*, *Iunius*, *Iulius*, *Augustus*, *September*, *October*, *November*, *December*. Haec mensium nomina jamdudum apud Veteres Romanos obtinuerunt.

1213. Omnes gentes, exceptis Graecis et Romanis, alia dierum breviori periodo usae sunt, nempe *hebdomada*, quae est septem dierum systema (3), ejusque origo est antiquissima, atque a Deo ipso instituta, quum confecta sex diebus mundi machina, eaque exornata, septimo die requievit ab opere, id est a novis rebus creandis cessavit. Horum septem dierum nomina veteres ethnici ducebant a Planetis (4); diem namque primum *diem Solis* vocabant, tum *Lunae Martis*, *Mercurii*, *Iovis*, *Veneris*, *et Saturni diem*; eaque nomina ab

taxat principium, vel finem ejusdem horae. Hinc facile solvitur apparens contradictio Evangelistarum Marci et Joannis circa horam, qua Servator noster Cruci affixus fuit. Marcus quidem (XV.25) ait: *Erat autem hora tertia, et crucifixerunt eum*; Joannes vero inquit (XIX. 41): *Erat autem hora quasi sexta*. Ille enim loquitur de fine horae tertiae; hic autem de appropinquatione horae sextae; ambo autem idem exprimunt, nempe tempus meridiei proximum.

(1) Harum temporis nocturni divisionum saepissime in Scripturis fit mentio, ex. gr. Matth. XIV 25., Luc. II. 8., XII. 38.

(2) *Mensis* vocabulum originem ducit a graeca voce μήνη, Luna, prima enim mensis idea a Lunae cursu periodico ortum traxit. Cicero autem opinatur *mensem* dici a *metiri: Qui quia* mensa spatia *conficiunt*, *menses nominantur. II. de Nat. Deor. 27.*

(3) Ab ἑβδομὸς, *septimus*.

(4) Ratio harum denominationum et ordinis, quo dierum nomina sita sunt, in Astrulogia delitescit. Veteres putabant septem Planetas a Tellure hoc ordine distare, nempe remotissimum esse Saturnum, deinde Iovem, tum Martem, postea Solem, hunc Venerem et Mercurium, ultimo Lunam, quem ordinem his versibus exprimebant:

Saturnus, dein *Iupiter*, hinc *Mars*, *Solque*, *Venusque*,
Mercurius, cui sic ultima *Luna* subest.

Astrologi regimen horarum per totam hebdomadam inter septem Planetas ita distribuerunt, ut regimen horae primae Sabbati cederet Saturno, regimen secundae Iovi, regimen tertiae Marti, et sic porro: deinde regimen horae octavae iterum Saturno, nonae Iovi, etc. et sic deinceps numerando, adeo ut hora 25, nempe prima diei insc-

Ethnicis usitata Vulgus adhuc retinet. Ecclesia tamen primum hebdomadae diem *Dominicum* vocat, quia eo die praecipua nostrae Religionis mysteria operata fuerunt; secundum *feriam secundam*, tertium *feriam tertiam*, et sic deinceps, quo significaretur quotidie Clericos, abjecta ceterarum rerum cura, uni Deo prorsus vacare debere; septimum autem diem *sabbatum* nominat (1). Apud Hebraeos et Orientales primus hebdomadae dies erat Sabbatum (2).

1214. *Annus* (3) est aliquot mensium systema. Ex Romuli institutione annum veterum Romanorum decem menses absolvebant, quorum primus erat *Martius*, deinde alii novem eo ordine, quem nunc tenent, sequebantur. Menses qui Iulius et Augustus nunc vocantur tunc *Quintilis* et *Sextilis* vocabantur, quia ille erat quintus, hic sextus post Martium. Quamvis vero Numa Pompilius Kalendarii reformationem adgressus fuisset, et alios duos menses, Ianuarium nempe ac Februarium anni Romulaei initio addidisset, eadem tamen nomina Quintilis et Sextilis iisdem duobus mensibus remanserunt; quemadmodum et reliqui quatuor, qui immediate sequuntur, easdem priores denominationes Septembris, Octobris etc, servarunt (4). Omnibus denique notum est, *Quintilem* Iulii nomen sortitum fuisse in Iulii Caesaris honorem, et *Sextilem Augustum* in honorem Octaviani Augusti appellatum fuisse. Iulius Caesar duodecim menses ita disposuerat ut primus, tertius, quintus, septimus, nonus, ac un-

quentis *Soli* cedebat; atque ita cuilibet diei nomen imposuerunt a Planeta, qui horae primae praesidebat. Pari modo a Sole horarum numerationem incipiendo, inveniemus primam horam alterius diei Lunae cedere; incipiendo a prima hora diei Lunae, inveniemus horam 25, nempe primam diei insequentis, cedere Marti; et ita deinceps. *Dio Cassius*, *Lib.* XXXVII. *Hist. Rom.*

(1) Praeter hebdomadam dierum, duas hebdomadas annorum habebant Hebraei, quarum alteram *annum sabbaticum* appellabant, alteram *Iubilaeum*. Recurrebat *annus sabbaticus* post 7 annos communes, quo cuique ex Dei praescripto vetitus erat cultus agrorum. *Iubilaeum* vero celebrabant post 7 annos *sabbaticos*, quo potissimum ad praedia sua, quae forte aliis vendiderant, redibant Hebraei: patet idcirco regredi jubilaeum post annos 50.

(2) *Sabbatum* sic dictum a voce hebraea שכה *sabat*, *cessatio*, *requies*, quasi *dies quietis*. Hic autem notandum Hebraeos, Aethiopes, Arabes, Syros, atque Persas reliquos etiam hebdomadis dies *Sabbat* appellasse, addito distinctionis gratia pronomine ordinali, ita ut dies Solis diceretur *prima Sabbat*, dies Lunae *secunda Sabbat*, etc. Hinc intelligi potest illud Matthaei Cap. 28. *Vespere autem Sabbati, quae lucescit in prima Sabbati*.

(3) *Annus*, quasi *annulus*, quia indicat temporis spatium in seipsum rediens, ut circulus. Hinc Graece annus dicitur ἐνιαυτός, *in se rediens* (Varr. *de Lingua Lat. Lib. V. num.* 2.

(4) Eleganter haec omnia descripsit Ovidius Fast. L. I. v. 40.

Martis erat primus mensis, Venerisque secundus,
Haec generis princeps, illius ille pater.
Tertius a senibus, juvenum de nomine quartus:
Quae sequitur numero, turba notata fuit.
At Numa nec Ianum, nec avitas praeterit umbras,
Mensibus antiquis praeposuitque duos.

decimus, nempe Ianuarius, Martius, Majus, Iulius, September et November dies 31 continerent, reliqui diebus 30 constarent, excepto Februario, quem ex 29 diebus in annis communibus, ex 30 in anno bissextili constare voluit. Sed assentatores Augusto suaserunt, ut mensem quoque, qui ejus nomen sortitus erat, ex 31 diebus constare juberet, ne mense Iulio inferior esset; hinc factum est ut unus dies Februario demeretur, et Augusto adderetur, eaque de caussa pulcherrimus ordo, quo Iulius Caesar constituerat ut menses systema 31 et 30 dierum alternarent, turbatus fuit (1). Aegyptii commodiori methodo in mensium dispositione utebantur; annum in 12 menses 30 dierum distribuebant, et post mensem duodecimum addebant quinque reliquos dies, quos *epagomenas* (2), seu *intercalares* vocabant; at quum haec mensium distributio annum dierum 365 ponebat, ideo eorum Kalendarium erroribus erat obnoxium (3).

1215. Apud Romanos dies mensis diversa ratione ac apud nos numerabantur. Tres ipsis erant in quolibet mense dies stati ac fixi, nempe primus mensis dies, cui Kalendarum erat nomen (4); septimus Martii, Maji, Iulii, et Octobris, quintus vero reliquorum, cui *Nonarum* nomen inditum fuit (5); octavus autem a Nonis, cui *Iduum* appellatio cessit (6). Dies qui hos terminos praecedebant,

(1) Pro memoriae auxilio en regula: produc digitos manus, praeter pollicem; deinde eos numera cum interiectis intervallis, ita ut digitus index denotet Ianuarium, sequens intervallum denotabit Februarium; digitus medius exprimet Martium, intervallum sequens Aprilem, et sic porro; digitus arrecti expriment menses 31 dierum, intervalla menses 30 dierum, excepto Februario: completa hac serie, incipe iterum ab indice, qui hac vice mensem Augusti designabit; dein perge eadem ratione. Adiuvandae memoriae caussa en italicis versibus hoc mensium systema expressum.

Trenta giorni ha Novembre,
Giugno, Aprile, e pur Settembre;
Di ventotto ve n' ha uno;
Tutti gli altri son trentuno.

(2) ἡμέραι ἐπαγομέναι, *dies intercalares*, seu *superadditi*.

(3) Hebraei antiquitus menses numero ordinali, nullo adjecto nomine proprio, numerabant, ut constat ex Genesis Libro, c. VII. v. 8.; at progressu temporis nominibus propriis eosdem appellarunt. Post eorum egressum ex Aegypto, mensium numeratio incipiebat, ex jussione divina, a mense *Nisan*, qui nostro Martio respondet; sic quippe *Exodi* XII, v. 2. legitur: *Mensis iste* (nisan) *vobis erit principium mensium; primus erit in mensibus anni.* Reliqui menses vocabantur *Iar vel Ziu*, *Sivan*, *Thammur*, *Ab*, *Eliul*, *Thisri* vel *Ethanim*, *Marschewan*, *Chasleu*, *Thebeth*, *Sebath*, et *Adar*, sed primus anni civilis mensis etiam nunc apud eos est *Tizri*.

(4) Calendae a calando dictae, καλεῖν enim est vocare, ex quo Latini veteres *calo*, *as*, fecerunt. Convocabatur autem primo quoque mensium die populus, et quae feriae toto mense essent futurae, quidque in Religione peragendum, a minore Pontifice docebatur. Polyd. Virg. lib. 2, cap. 5. Graeci primum cuiusque mensis diem vocabant *neomeniam* (novilunium); menses enim apud eos Lunae cursibus adamussim respondebant.

(5) *Nonae* dictae sunt a *nonus*, qui a *novem*, quia a die 5 vel 7 inclusive usque ad Idos novem dies numerantur. *Var. de Lingua Lat. L. V. c. 4.*

(6) *Idus* dicti ab *iduo* verbo Hetruscorum, quod erat dividere, quia mensem in duas partes fere aequales dividunt, quae ut plurimum medium mensem attingunt. Macrob. *L. I. Saturnal. c. 15.*

numerabantur ab his terminis, ordine retrogrado, ab iisdemque suum nomen sortiebantur, ita ut, ex. gr., primus post Kalendas Ianuarii, seu secundus Ianuarii dies diceretur *quartus nonarum*, primus post nonas *Octavus Iduum*; dies reliqui numerabantur a Kalendis mensis sequentis, ita ut primus post Idus, seu quartusdecimus Ianuarii dies diceretur *decimus nonus Kalendarum*. Mensibus Martii, Maji, Iulii, et Octobris sex erant Nonarum dies, reliquis mensibus vero quatuor. Singulis mensibus erant octo dies, qui ab Idibus suam denominationem sumebant, prout sequentes docent versus.

Prima dies mensis cujusque est dicta Kalendae,
Sex Majus Nonas, October, Iulius et Mars,
Quatuor at reliqui; dabit Idus quilibet octo;
Inde dies reliquos omnes dic esse Kalendas;
Quos retro numerans dices a mense sequente.

Ratio, ob quam his quatuor mensibus tantum a Numa dati fuere sex Nonarum dies, inde petitur, quod hi menses tantum tunc temporis ex 31 diebus constabant; quamvis autem in correctione Iuliana Kalendarii alii duo menses dierum 31 adjecti fuerint, opportunum visum fuit nihil respectu Nonarum immutare. Id autem monitum volumus, quod in numeratione dierum mensis, relate ad locum quem ante Nonas, Idus, vel Kalendas occupant, comprehendi debet dies ipse Nonarum, Iduum, vel Kalendarum; ex. gr., dies secundus Ianuarii denominatur *quarto* (ante) *Nonas*, quia dies ipse Nonarum in hac denominatione comprehenditur; alioquin dies ille *tertius* ante *Nonas* dici deberet. Ex eadem ratione fit, ut decimus Ianuarii dies vocetur *quarto* (ante) *Idus*, et dies 25 Ianuarii dicatur *octavo* (ante) *Kalendas Februarii*, quia in numeratione dies Kalendarum Februarii comprehenditur (1).

In anno bissextili adjiciebatur dies intercalaris post vigesimam tertiam Februarii, ut adeo dies 24, et 25 ejus mensis tunc *bis* diceretur *Sexto* (ante) *Kalendas Februarii*. Inde vero anni hujusmodi dicti fuere *Bissextiles*. Sed haec omnia ad oculum repraesentantur in tabulis antiqui Kalendarii Romani, quae apud Auctores passim sunt obviae.

1216. Mensis lunaris, ut diximus (1212), alius est *periodicus*, alius autem *synodicus*, quorum ultimus est *mensis lunaris* proprie dictus, estque dierum 29, hor. 12, minut. 44', 4''. In usu civili nulla minutorum ratio (saltem pro aliquo temporis intervallo) habe-

(1) «Mirum, ait Wolfius, absurdam hanc numerandi mensium dies rationem, cujus rationem ipsimet Scriptores Romani ignorabant, adeo placere hodiedum nonnullis, ut nescio qua vana eruditionis gloria adducti, eamdem communi et nunc apud nos recepto praeferant». *Elem. Chronol. Cap. 3, n. 96.*

tur, et inter duo novilunia proxima tantum dies $29\frac{1}{2}$ numerari solent. Quumque dimidiam hanc diem numerare incommodum esset, ideo menses civiles alii 29, alii 30 dierum alternatim fiunt : ita enim quidquid ex altero aufertur, alteri adjicitur. Menses synodici 30 dierum dicuntur *pleni* ; menses vero dierum 29 dicuntur *cavi* : saepe pro mensibus plenis et mensibus cavis dici solet *Lunae plenae*, et *Lunae cavae*.

ARTICULUS SECUNDUS

DE ANNO ET SAECULO

1217. Annus pro gentium diversitate, diversa significatione accipitur. Primo enim est vel *Astronomicus*, vel *Civilis*. Uterque est vel *solaris*, vel *lunaris*, prout Solis, vel Lunae motibus conformis redditur ; eaque ratione annus uterque dicitur etiam *naturalis*, quia Astronomi in suis supputationibus, naturae, seu motibus naturalibus Solis ac Lunae se conformant. *Annus Solaris Astronomicus* est tempus quo periodum unicam Sol per eclipticam absolvit, seu temporis intervallum quod inter duo similia aequinoctia (verna, ex. gr., aut autumnalia) vel inter duo similia solstitia (aestiva, aut hiberna) intercedit, estque dierum 365, hor. 5, minut. 49. *Annus lunaris astronomicus* ex duodecim conficitur mensibus synodicis, seu duodecim Lunationibus ; quumque dies 29, horas 12, minut. 44′, 4″ quaelibet lunatio contineat, fit ut hic annus ex diebus 354, horis 8, min. 49 coalescat. *Annus civilis* tam *Solaris* quam *Lunaris*, ab eodem ambitu non differt, nisi quod ex eo auferantur partes temporis minutiores, ut gentium usibus commode valeat inservire. Intervallum annorum centum dicitur *saeculum*.

1218. Apud diversas nationes diversa fuit computandorum temporum ratio; quaedam enim anno solari utebantur, quaedam vero anno lunari. Inter eas, quae anno solari utebantur, non idem semper fuit consensus. De Romulo et Numa, quorum alter instituit annum, alter emendavit, nihil nostra refert. De Iulii Caesaris emendatione aliquid potius dicendum ; hic enim quum in temporum supputatione turpem perturbationem animadvertisset (1), ope Astronomi Sosigeni, quem ex Alexandria Romam vocavit, annum solarem quem Numa ex diebus 355 conflaverat, ad dies 365 et horas 6 redegit ; edixit scilicet, inter duo aequinoctia ejusdem nominis intercedere

(1) Haec perturbatio aliquando ex industria Pontificum oriebatur : hi enim propriae, vel suorum amicorum utilitati consulentes, suo lubitu annum modo protrahebant, modo breviabant — Vide Middleton, *Vita di Cicerone*, *T. 3. Lib. 8. pag. 168. edit. Nap. in 4.° 1749.*

intervallum dierum 365, hor. 6. Quumque conveniens sit, ut anni civilis semper idem esset initium, et a principio diei exordium capiat, minime vero a diversis horis; id quod fieri necesse foret, si singulis annis adderentur sex excurrentes horae;statuit ut horae illae,quae in quatuor annis coacervataediem integrum efficiunt,quarto anno adderentur, adeoque quilibet quartus annus constaret diebus 366. Hic quartus annus ex diebus 366 conflatus vocatus fuit *bissextilis*, ut diximus (1215), reliqui dicebantur *communes*. Anni itaque Iuliani proprietas haec est, ut quartus quilibet annus sit bissextilis dierum 366, reliqui vero tres sint *communes* dierum 365; adeo ut in quolibet saeculo sint *bissextiles* anni 4ᵘˢ, 8ᵘˢ, 12ᵘˢ, 16ᵘˢ, 20ᵘˢ, 24ᵘˢ, etc. Inde eruitur ratio dignoscendi an datus annus sit *bissextilis*, necne. Numeros, qui datum annum exprimunt, per 4 divide; si, divisione facta, nihil relinquatur, annus erit bissextilis; sin aliquis numerus superfuerit, idem indicabit quotus a bissextili sit annus propositus. Ex. gr. annus 1855 per 4 divisus relinquit 3; est ergo a bissextili tertius; at annus 1856 per 4 divisus,quum nihil residui faciat,erit *bissextilis*. Inde etiam patet quemlibet annum centesimum, seu ultimum cujuslibet saeculi, ex. gr. 1800, 1900, etc., bissextilem esse debere. Observandum denique, quod dies *intercalaris* in anno bissextili nunc additur post diem 24 mensis Februarii, ita ut dies Festus S. Matthiae Apostoli incidat die 25 Februarii in anno bissextili, et die 24 in reliquis annis: in Kalendario autem civili dies 23 Februarii est dies intercalaris.

1219. Annus lunaris (1217) ex duodecim lunationibus conflatur. Quum autem menses lunares ex alternis mensibus 29, et 30 dierum constent, fit ut 12 lunationes,quae ejusmodi annum absolvunt,efficiant dies 354, adeoque annus lunaris ab anno solari communi deficiat diebus 11. Quare in tribus annis solaribus tres anni lunares deficiunt a solaribus 33 diebus. Ut autem retinerentur menses in iisdem anni solaris cardinibus, cuilibet anno tertio mensis integer superadditus fuit (idque fit quoties opus fuerit, ut anni initium in eadem tempestate retineatur), et mensis hic superadditus *Embolimaeus* (1) seu *Intercalaris* dicebatur. In annis novemdecim hujusmodi menses intercalares sunt septem, annusque lunaris hujus formae *fixus* nominatur.

(1) Ab εν, in, et βαλλω, *adjicio*.

CAPUT SECUNDUM

DE CYCLIS ET DE PERIODIS.

1220. Quamvis *Cycli* et *Periodi* nomina idem significare videantur, valde tamen inter se discrepant. *Periodus* enim datum quoddam temporis intervallum exprimit, quod ex pluribus aequalibus partibus constat, uti sunt hebdomada, annus, indictio, etc. *Cyclus* autem est numerorum successio datam temporis periodum exprimens, quae ad diversa tempora coaequanda, vel ad diversos astrorum motus simul comparandos adhibetur. Duobus in articulis loquemur primo de Cyclis, deinde de Periodis.

ARTICULUS PRIMUS

DE CYCLIS.

1221. Cycli praecipui, de quibus hic sermo instituendus est, sunt Cyclus Solis, Cyclus Lunae, et Cyclus Epactarum. De duobus prioribus hic loquemur; de ultimo loquemur in sequenti Capite.

§. I. *De Cyclo Solari, et Litteris Dominicalibus.*

1222. *Cyclus Solaris*, alio nomine *cyclus litterarum Dominicalium* dictus, est intervallum annorum 28, quibus elapsis, omnes hebdomadae dies restituuntur successive ad eosdem mensium dies; scilicet, quum dies Dominicae in singulis annis non incidant in eamdem mensis diem; nonnisi post 28 annorum intervallum ad eumdem mensis diem redeunt. Ex gr. quum annus 1849 a die Lunae inceperit, adeoque 7.ª Ianuarii dies fuerit dies Dominica, annus sequens 1850 non a die Lunae, verum a die Martis incepit, adeoque prima Ianuarii Dominica in diem 6 ejusdem mensis incidit. Annus proxime elapsus 1851 a die Mercurii incepit, et prima Dominica Ianuarii in 5 diem mensis incidit, etc.; adeo ut principium anni in anno quovis communi uno die retrogrediatur; in anno vero primo a bissextili retrogrediatur duobus diebus.

1223. Hujus retrogressionis ratio haec est. Si annus ex 52 hebdomadis exacte constaret, nullusque dies iis superesset, omnes anni semper ab eodem hebdomadae die inciperent; in hoc enim casu unusquisque annus si a die Dominico, ex gr., inciperet, ultimus ejus dies esset dies Sabati; hinc primus anni sequentis dies iterum in diem Dominicum incideret, et sic deinceps. Quum autem quilibet annus communis contineat dies 365, qui efficiunt hebdomadas 52

et insuper unum diem; annus vero bissextilis utpote dierum 366, ex eodem hebdomadarum numero, et insuper duobus diebus constet; perspicuum est, quod si annus ille incipiat die Dominico, in eodem die Dominico terminabit; et proximus post hunc a die Lunae incipiet, tertius a die Martis, quartus vero, qui erit bissextilis, a die Mercurii initium sumet; huic autem, quum duo dies supersint, terminus erit in die Jovis, adeoque anni quinti primus dies in diem Veneris incidet (1). Insuper, si omnes anni essent *communes*, scilicet dierum 365, exacto septem annorum curriculo, iidem mensium dies ad eosdem hebdomadae dies redirent. Ita si primus annus a die Dominico incepit, secundus a die Lunae incipiet, tertius a die Martis etc.; adeoque annus octavus iterum a die Dominico initium sumeret. Quoniam vero quartus quilibet annus est bissextilis dierum 366, in quo ultra hebdomadas 52 duo dies supersunt, hinc si annus ille incipit a die Dominico, in diem Lunae terminabit; adeoque in hoc casu alter ille dies, qui ultra consuetum annorum communium diem adjicitur, efficit ut ad circuli recursum non sufficiant anni septem, sed transigendi sint anni 7 bissexti, quo nova circuitio peragatur. Atque septem anni bissexti nonnisi post singulos 4 annos occurrunt; hinc necesse est ut Cyclus Solaris sit annorum 28, quo completo, anni dies redeunt ad easdem hebdomadae dies; nam $4 \times 7 = 28$.

1224. Facile proinde patet methodus inveniendi Cyclum solarem dati cujuslibet anni post Christum natum. Ut id assequi possit, observandum est, Chronologis constare, primum Christi annum fuisse decimum Cycli solaris. Hinc si annus quaesitus numero 9 augeatur, eaque summa per 28 dividatur, numerus qui relinquetur, erit Cyclus Solis; quod si nullus fuerit residuus, numerus 28 erit Cyclus Solis. Quaeratur ex.gr. Cyclus Solaris hujus anni 1852. Fiat $1852+9$, nempe 1861, qui dividatur per 28; residuus erit 13; constabitque tertiamdecimam esse in Cyclo sedem hujus anni 1852.

(1) Inde patet ratio cur *Festa immobilia*, illa scilicet quae statis cujusque mensis diebus constanter affixa sunt, uti sunt omnia Sanctorum et B. Mariae Virginis Festa, singulis quibuslibet annis per omnes hebdomadae dies gradiantur, ita ut si anno 1849 inciderunt in diem Lunae, anno 1850 in diem Martis, anno 1851 in diem Mercurii inciderint. Ex gr., Circumcisio D. N. Jesu Christi quae diei primae Januarii affixa est, eodem anno 1849 in diem Lunae incidit; anno 1850 incidit in diem Martis, anno proxime elapso incidit in diem Mercurii etc. In anno vero bissextili (uti est annus praesens) omnia Festa ante diem 24 Februarii incidentia eumdem ordinem servant; illa autem, quae post hunc terminum usque ad diem 24 Februarii sequentis anni incidunt, duobus diebus praetergrediuntur; hinc Circumcisio in hoc anno 1852 incidit quidem in diem Jovis, in anno vero mox futuro in diem Saturni incidet. Huic incommodo facile occurreretur, si methodus facillima ordinandi Kalendarii ab Abate Mastrofini proposita Romani Pontificis (ad quem unum id praecipere spectat) jussu adoptaretur.

Formula generalis hujus Cycli erit $S = \left(\frac{a+9}{28}\right)_r =$; in qua S *cyclum solarem* designat, a *annum*. Hinc si quaeratur Cyclus Solaris anni currentis, erit $S = \left(\frac{1852+9}{28}\right)_r = \left(\frac{1861}{28}\right)_r = 13$. Animadvertendum denique est, ex correctione Kalendarii Gregoriana, Cyclum Solis non esse perpetuum, quia, ut infra videbimus, annus quartus quisque saecularis non amplius est bissextilis, ut in Kalendario Juliano, sed est communis: caeterum haec diversitas non impedit quin etiamnum anni Cycli Solaris ut antea numerari soleant.

1225. Astronomi in Kalendario anni civilis conficiendo dies disponunt secundum proprios menses et hebdomadas cum Festis, et diebus juridicis adnexis. Distributionem in hebdomadas conficiunt per septem priores alphabeti litteras A, B, C, D, E, F, G, hoc modo. Incipiendo a primo die Ianuarii, litteram A ipsi apponunt, secundo litteram B, tertio C, et ita deinceps usque ad G, quam diei septimo affigunt; inde rursus incipiendo, diei octavo iterum apponunt A, nono B, decimo C, et ita porro; 15°, 22°, 29° Ianuarii diei iterum A apponunt, repetita litterarum serie, ita ut singuli mensis dies aliquam obtineant harum litterarum; adeoque littera B apponitur diei 30, littera C diei 31; unde fit, ut D respondeat diei 1°, 8°, 15°, 22° Februarii, littera D iterum diei 1°, 8°, 15°, 22°, 29° Martii, littera G diei 1° etc. Aprilis; littera B diei 1°... etc. Maji..... denique littera F diei 1°.... etc. Decembris, cujus proinde ultimus dies littera A inscribitur. Litterae initiales omnium verborum, ex quibus constant duo sequentes versus (ad quorum sensum non est attendendum), litteras omnibus primis cujusque mensis diebus respondentes continent.

Astra Dabit Dominus Gratisque Beabit Egenos:
Gratia Christicolae Feret Aurea Dona Fideli.

Inde patet eumdem hebdomadae diem incidere in diem 1, 8, 15, 22, 29 cujusque mensis; nempe si primus alicujus mensis dies sit dies Dominicus, 8vus, 15mus, 22s, 29s ejusdem mensis erit pariter dies Dominicus; idemque de reliquis hebdomadae diebus dicendum. Septem hae litterae, quum omnes cujuslibet anni dies Dominicos designent, dicuntur *Litterae Dominicales*. Ex. gr. si littera A primae Ianuarii Dominicae respondeat, per totum illum annum Dominicas indicabit, et quibuscumque diebus in aliis mensibus affigitur littera A, dies illi omnes erunt Dominicae; sic etiam quaecumque littera apponitur diei Lunae in Ianuario primae, eadem in Kalendario repetita, omnes Lunae dies per totum annum monstrabit, et sic de singulis.

1226. Animadvertendum 1.° litteras dominicales ordine semper retrogrado in singulis annis ferri per G, F, E, D, C, B, A; nempe si littera dominicalis alicujus anni sit G, in anno sequenti erit F, deinde E, etc., ultimo A ; demum rursus post annos septem redibit G. Quum enim annus communis sit dierum 365, adeoque ex 52 hebdomadis, et die uno constet, manifestum est, principium anni sequentis (ex.gr., si annus praesens incoeperit die dominico) incidere in diem Lunae, adeoque primam hujus anni Dominicam incidere in diem septimam Ianuarii, cui diei littera G affigitur. Anno sequenti primus Ianuarii dies incidet in diem Martis, adeoque prima Dominica incidet in diem 6 ejusdem mensis , cui affigitur littera F; littera F igitur erit littera dominicalis ejusdem anni ; et sic deinceps, anno subsequenti littera dominicalis erit E, etc. Notandum 2°, omnes annos bissextiles duas litteras dominicales obtinere, quarum prima usque ad diem Februarii 24 aut 25 intercalarem inservit, altera per omne reliquum anni tempus Dominicas indicabit ; quum enim annus bissextilis sit 366 dierum, adeoque ex 52 hebdomadis , et duobus diebus componatur , principium anni primi a bissextili duobus diebus retrogreditur ; quumque in anno bissextili dies intercalaris sit 24 Februarii,et tam dies 24,quam dies 25 eadem littera notentur; patet, post 24 Februarii litteram dominicalem uno loco retrogredi debere ; nempe si ab initio fuerit D, post id tempus esse debet C. Notandum denique 3° secundam litteram dominicalem in anno bissextili esse illam, quae prior est in ordine alphabetico, ita ut si D fuerit prima littera dominicalis hujus anni 1852,secunda debet esse C, quae in ordine alphabetico D praecedit; cujus rei ratio est, quod litterae fiunt dominicales ordine retrogrado et inverso. Hinc cognita littera dominicali alicujus anni, inveniri potest littera dominicalis reliquorum annorum. In quolibet namque Cyclo solari primus annus est bissextilis, cui respondent litterae dominicales G, F. Secundi anni littera dominicalis est E, tertii D, quarti C; quintus Cycli annus iterum bissextilis est, cui conveniunt litterae B , A, et ita porro; quae quidem,memoriae auxilio, technico isto versu comprehensae sunt:

Gaudet Francus Equo, Dacus Cane, Barbarus Arcu.

In subjecto laterculo signatas invenies litteras dominicales cuivis Cycli Solaris anno respondentes.

Anni	Lit. Dom.	An.	Lit. Dom.	An.	Lit. Dom.	An.	Lit. Dom.	An.	Lit. Dom.	An.	Lit. Dom.	An.	Lit. Dom.
1	G F	5	B A	9	D C	13	F E	17	A G	21	C B	25	E D
2	E	6	G	10	B	14	D	18	F	22	A	26	C
3	D	7	F	11	A	15	C	19	E	23	G	27	B
4	C	8	E	12	G	16	B	20	D	24	F	28	A

1227. Si explorare cupias quaenam fuerit littera dominicalis singulorum annorum elapsi saeculi 1700, hac methodo uti poteris: « Annos a 1701 usque ad datum annum inclusive enumera; huic annorum numero adde 5, totidemque unitates, quot anni bissextiles in hoc inciderunt intervallo. Summam divide per 7; residuus, si qui fuerit, litteram dominicalem indicabit, ordine retrogrado sumptam, ita ut G sit prima, F secunda..... A septima. Si nullus fuerit residuus, littera dominicalis erit A ».

Si, ex. gr., scire cupias quaenam fuerit littera dominicalis anni 1743; sume annorum numerum 43; his adde 5 et 10, ob 10 bissextiles; summam 58 divide per 7, et residuus 2 indigitabit litteram dominicalem anni 1743 fuisse F.

Ratio, ob quam ad numerum annorum additur numerus 5, inde petitur, quod littera dominicalis anni 1701 fuit B; adeoque ante illum annum quinque ex septem litteris dominicalibus adhibitae fuerunt, nempe G, F, E, D, C. Adduntur totidem unitates, quot bissextiles ab anno 1701 extitere, quia cuilibet anno bissextili duae litterae apponuntur. Dividitur per 7 ex iis quae diximus n. 1225.

1228. Ita pariter, si litteram dominicalem pro singulis annis hujus saeculi XIX, nempe ab anno 1800 ad 1900, explorare cupias, en quomodo operaberis: A numero, qui datum annum designat, aufer duas primas figuras sinistrorsum, nempe 18; reliquis duabus figuris ejusdem numeri adde quartam ejus partem, si numerus exacte fuerit per 4 divisibilis; hanc summam divide per 7, et residuum a numero 6 subtrahe; si nullus fuerit residuus, littera dominicalis erit G; si aliquid remaneat, hic residuus litteram dominicalem ordine alphabetico sumptam indigitabit. Ex. gr., quaeratur quaenam fuerit littera dominicalis anni 1812. Ex anno 1812 aufer duas priores figuras 18: erit $12 + \frac{12}{4} = 12 + 3 = 15$; deinde di-

vide 15 per 7; residuum 1 ex 6 subtrahe; erit 5 alter residuus, adeoque littera dominicalis quaesita erit 5.ª in ordine alphabetico, nempe E: quumque annus 1812 fuerit bissextilis, secunda littera dominicalis erit D. Si numerus annos exprimens exactam divisionem per quatuor non patiatur, tunc additur quarta pars numeri proxime minoris divisibilis per 4, et insuper tot unitates, quot supersunt. Ex. gr., si annus, de quo quaeritur littera dominicalis, fuerit annus 1813, erit $13 + \frac{13}{4} = 13 + 3 + 1 = 17$. Hinc ex divisione 17 per 7 obtinetur residuus 3, qui demptus a 6, dabit 3; adeoque littera quaesita erit C.

§. II. *De Cyclo lunari, et de Numeris aureis.*

1229. Cyclus lunaris est intervallum 19 annorum, quo elapso, novilunia et plenilunia ad eosdem mensium dies redeunt; adeo ut quibuscumque diebus novilunia et plenilunia hoc anno accidunt, novendecim abhinc annis in eosdem dies incident. Scilicet, quum annus solaris semper tempore hiberno incipiat, efficiatque ut reliqua anni tempora in eosdem menses semper incidant; annus lunaris e contrario per omnia anni tempora vagetur: necessarium visum fuit has duas annorum species ita inter se combinare, ut dies Festi a Lunae cursibus pendentes semper in easdem Lunae phases inciderent; et insuper certo sciretur quibus mensibus in singulis annis phases istae responderent. Ad id bene providit primus omnium Methon Astronomus Atheniensis, qui anno 439 ante Christum natum hunc cyclum invenit; primus scilicet animadvertit in annis 19 contineri lunationes 235, nempe lunationes 228 pro 12 lunationibus in singulis annis, et 7 quae conficiuntur ex diebus 11, quibus annus solaris lunarem annum exsuperat. Hi septem menses vocantur *embolismici*, seu *intercalares*: quumque $19 \times 11 = 209$; ad septem vero menses dierum 30 requirantur dies 210; hinc ex iis fieri solent 6 menses dierum 30, et septimus dierum 29.

1230. Horum septem mensium embolismicorum ope, in Ecclesiastico Kalendario principium anni lunaris ad primum mensis Ianuarii diem reduci solet, dum ab illo idem annus digressus est (1219). Hinc in toto cycli lunaris intervallo componi solent septem anni, qui ex 13 mensibus lunaribus constant, quique idcirco *embolismici* etiam vocantur, quia singuli mensem embolismicum continent. Primi sex ejusmodi anni ex diebus 384 conflantur, ultimus autem ex diebus 383; nam septimus mensis embolismicus est dierum 29 (1229). Sunt autem embolismici annus 3ᵘˢ, 6ᵘˢ, 11ᵘˢ, 14ᵘˢ, 17ᵘˢ, 19ᵘˢ. Reliqui anni lunares dicuntur *communes*, et ex duode-

cim lunationibus constant, quae dies 354 efficiunt. Ita finis tertii anni lunaris ad finem anni solaris reducitur.

1231. Invento Cyclo lunari 49 annorum, tanti apud Athenienses aestimata fuit ejus excellentia, ut quemlibet ejusdem Cycli annum aureis characteribus descriptum publice exponerent: hinc numerus annum cycli lunaris designans appellatus fuit *Numerus aureus* (1). Inserviunt numeri aurei in Kalendario ad designandos cujuslibet mensis dies, in quos novilunia incidunt. Hinc, assumpto dato anno pro initio Cycli, ei numerus aureus 1 tributus est; deinde in singulis mensibus, observatis diebus, in quibus novilunia acciderent, eo anno, e regione horum dierum adposuerunt characterem I; et quia eo anno novilunia accidebant die 23 Januarii, 21 Februarii, 23 Martii, 21 Aprilis, Maji 21, Junii 19, etc., e regione horum dierum in columna cycli lunaris unitatem apposuerunt. Sequenti anno, observatis noviluniis, e regione dierum quibus acciderunt, inscripserunt Veteres in columna numerorum aureorum characterem II, nempe ad 12 Januarii, 10 Februarii, 12 Martii, etc. Idem factum fuit tertio anno, in quo novilunium incidebat ad 1.m diem Januarii; idem aliis annis sequentibus, donec absolutus fuit cyclus annorum 19 (2). Numeri igitur aurei in antiquis Kalendariis ita erant dispositi, ut indicarent singulorum mensium dies, in quos novilunia in eodem anno cycli lunaris incidebant; quae methodus commodissima erat; nam ope Kalendarii vel primo intuitu perspici poterant non modo omnes dies noviluniorum dati alicujus anni, verum etiam reliquorum annorum tum praeteritorum, tum futurorum. In subjecta Tabula, in qua descriptum est initium antiqui Kalendarii Ecclesiastici, facile observari potest qua ratione numeri aurei dispositi erant. Numerus aureus III 1° mensis Januarii diei respondet; illo enim die, quando hi numeri in Kalen-

(1) Alii putant hunc numerum ita appellatum fuisse, quia in Kalendario numeris aureis describi solebat.

(2) Numeri aurei in Kalendario appositi fuere anno Christi 530; haec autem dispositio peracta fuit eo prorsus modo, ac si tempore Concilii Nicaeni anno 312 effecta fuisset.

darium anno 530 invecti fuere, novilunium incidebat, eratque tertius annus cycli lunaris.

IANUARIUS			FEBRUARIUS			MARTIUS		
Dies mensis	Lit. Dom.	Numerus aureus	Dies mensis	Lit. Dom.	Numerus aureus	Dies mensis	Lit. Dom.	Numerus aureus
1	A	III	1	D		1	D	III
2	B		2	E	XI	2	E	
3	C	IX	3	F	XIX	3	F	XI
4	D		4	G	VIII	4	G	
5	E	XIX	5	A		5	A	XIX
6	F	VIII	6	B	XVI	6	B	VIII
7	G		7	C	V	7	C	
8	A	XVI	8	D		8	D	XVI
9	B	V	9	E	XIII	9	E	V
10	C		10	F	II	10	F	
11	D	XIII	11	G		11	G	XII
12	E	II	12	A	X	12	A	II
13	F		13	B		13	B	
14	G	X	14	C	XVIII	14	C	X
15	A		15	D	VII	15	D	
16	B	XVIII	16	E		16	E	XVIII
17	C	VII	17	F	XV	17	F	VII
18	D		18	G	IV	18	G	
19	E	XV	19	A		19	A	XV
20	F	IV	20	B	XII	20	B	IV
21	G		21	C	I	21	C	
22	A	XII	22	D		22	D	XI
23	B	I	23	E	IX	23	E	I
24	C		24	F		24	F	
25	D	IX	25	G	XVII	25	G	IX
26	E		26	A	VI	26	A	
27	F	XVII	27	B		27	B	XVII
28	G	VI	28	C	XIV	28	C	VI
29	A					29	D	
30	B	XIV				30	E	XIV
31	C	III				31	F	III

Et sic per reliquos menses.

Notandum, dies undecim, e regione quorum in singulis mensibus nullus aureus numerus apponitur, esse illos, in quos nunquam incidit novilunium in tota Cycli Lunaris periodo.

1232. Ut inveniri possit numerus aureus, seu cyclus lunaris dati anni post Christum natum, haec est methodus « Quum Methonis « cyclus unico ante Christum anno incoeperit, addenda est unitas « anno proposito; summa vero dividenda est per 19 ; residuus,

« nulla quotientis habita ratione, dabit numerum expetitum; quod « si nihil supersit, annus quaesitus erit postremus, nempe 19 (1)». Investigandum sit cui cycli anno referatur praesens annus 1852: numerum $1852 + 1 = 1853$ divide per 19; residuus, nulla quotientis habita ratione, erit 10; qui indicabit annum esse decimum numeri aurei.

1233. Veteres putabant, cyclum 19 annorum exacte exhaurire Lunationes 235, adeoque post revolutionem novemdecim annorum cycli, novilunia non modo ad easdem mensium dies, verum etiam ad easdem horas redire: id tamen verum non est. Nam in annis Julianis 19 sunt dies 6939, et horae 18; at si singulis lunationibus tribuantur dies 29, horae 12, 44′, 4″, ut motus Lunae requirit, lunationes 235 efficient 6939 dies, horas 16, et circiter 32′; igitur lunationes 235 non adaequant annos Julianos 19, sed deficiunt una hora cum dimidia; unde post annos 19 novilunia non redibunt ad eamdem horam, sed una hora cum dimidia citius accidunt, et intra cyclos 16 ac annos $8\frac{1}{2}$, seu intra annos $312\frac{1}{2}$ novilunia antecedunt annum Julianum una die; nam $16 \times 1^{hor}\frac{1}{2} = 24^{hor}$ (2). Numerus itaque aureus satis praecise per tres annorum centurias novilunia ostendet, sine errore 24 horarum, seu unius diei; adeoque tempore Concilii Nicaeni, quando cyclus Lunaris Kalendario aptatus fuit, et tribus sequentibus annorum centuriis satis rite cyclus ille novilunia indicabat; nunc vero, Lunationes intra $312\frac{1}{2}$ annos uno die semper antecedendo, quinque fere diebus citius accidunt, quam accidebant tempore Concilii Nicaeni; seu, quod idem est, Novilunia lunationes per cyclum aureum computatas quinque diebus antecedunt. Atque haec est ratio, ob quam nunc in noviluniis computandis potius cyclus epactarum adhibetur, de quo inferius loquemur.

(1) Haec regula duobus sequentibus versibus exprimitur:
« *Christi undevicies sectis, uno amplius, annis:*
Quae reliqua est cyclum Lunae tibi summa notabit».

(2) Adduntur anni $8\frac{1}{2}$ ad cyclos 16 ob duo minuta, quae in singulis cyclis desiderantur ad efficiendum exacte unam horam cum dimidia; nam $18^h.\ 00'$
$16^h.\ 32'$
dant $1^h.\ 28'$

Vide Wolf. *El. Chron. C. IV. n. 148.*

ARTICULUS SECUNDUS

DE PERIODIS

1234. Inter praecipuas periodos, quibus Veteres utebantur, enumerari possunt annus Sabbaticus, et Iubilaeum apud Hebraeos, de quibusmentionem fecimus (1213, not.), Olimpiades apud Graecos, Lustra et Indictiones apud Romanos, denique periodus Victoriana, et periodus Juliana. Sed missis tribus prioribus periodorum speciebus, utpote omnibus cognitis, de reliquis tribus pauca dicamus.

1235. *Indictio* est quaedam periodus, seu potius computi genus, quo utuntur in publicis diplomatibus Caesareis et Pontificiis, qui quindecim annorum spatio definitur. Quo tempore, et quem in finem a Romanis excogitatus fuerit hic cyclus, qui nullam habet cum motibus coelestibus connexionem, inter Chronologos non convenit. Sunt enim, qui Constantinum ejus auctorem primum agnoscunt; sunt qui Augustum; sunt denique, qui omnia vocant in dubium. Id unum scimus, ex vulgari computo, annum nativitatis Christi fuisse tertium hujus Cycli; quocirca si quaeratur numerus indictionis alicujus dati anni post Christum natum, si ad annum propositum addatur numerus 3, et summa dividatur per 15, ex residuo comperietur cui anno consonet indictio: quod si nullus fuerit residuus, erit 15 annus indictionis. Ex. gr., quaeratur quam indictionem afferat annus Christi 1852; fiat $1852 + 3 = \frac{1855}{15} = 123$ cum residuo 10: hic residuus indicabit indictionem 10$^{mo.}$ anno currenti deberi.

1236. *Periodus Victoriana.* Si Cyclus Solis (an. 28) et Lunae (an. 19) in se invicem multiplicentur, conflatur periodus annorum 532, quae dicitur *Periodus Victoriana*, quia a Victorio Aquitano inducta fuit anno 457 a Christo nato. Vocari etiam solet periodus *Dionysiana*, a Dionysio Exiguo, qui ea usus est anno Christi 527 ad dirimendam Paschatis controversiam. Hujus cycli proprietas ante Kalendarii reformationem Gregorianam haec erat, ut eo absoluto, non solum novilunia et plenilunia ad eosdem fere mensium dies reciderent, sed et dies omnes mensium in eosdem hebdomadae dies redirent, adeoque litterae Dominicales, et Festa mobilia eodem ordine recurrerent, unde vocari solebat hic cyclus *Magnus Cyclus Paschalis.* Primus harum periodorum coepit anno ante Christum natum 457; hinc secundus incidit anno Christi 76, tertius anno 608 etc. Ut igitur inveniatur annus Periodi Victorianae alicujus anni post Christum natum, dato anno addatur nume-

tus 457, et summa dividatur per 532; qui restat, praeter quotienrem, numerus, erit annus periodi quaesitus. Ex. gr., 1852+457= $\frac{2309}{532}$ = 4 cum residuo 181: hic est annus periodi Victorianae.

1237. *Periodus Juliana*. Ex trium Solis, Lunae, et Indictionis multiplicatione compingitur *periodus Juliana* annorum 7980; ductis enim in se invicem tribus numeris 28, 19, et 15, gignitur numerus 7980. Appellata fuit *Juliana* ab anno Juliano, secundum cujus formam tres cycli sumunt initium a Kalendis Januarii. Fingitur incepisse annis 764 ante mundi exordium; et nondum est absoluta, adeoque in se complectitur omnes res gestas, omnemque historiam; et bis non occurrit in hac periodo annus, qui eosdem habeat numeros pro tribus cyclis, ex quibus conflatur; id quod Chronologis maximo adjumento esse potest; hac enim ratione eventa singula anno peculiari consignantur. Annus nativitatis Christi fuit Periodi Julianae 4713; adeoque ex dato anno Christi annus periodi Julianae respondens invenitur eidem addendo 4713, et summa est annus Julianae periodi: e contrario ab anno periodi Julianae hoc modo inventae auferendo 4713, residuum ostendet annum Christi quaesitum. Ex. gr., ad annum 1852 addatur 4713, summa 6565 erit annus periodi Julianae ad annum 1852 respondens: e contrario 6565—4713=1852.

Josephus Scaligerus hanc periodum invenit, et P. Petavius ea usus est in suo Opere *Rationarium temporum*. Sed haec sufficiant.

CAPUT TERTIUM

DE GREGORIANA KALENDARII CORRECTIONE, ET DE EPACTIS.

ARTICULUS PRIMUS

DE GREGORIANA KALENDARII CORRECTIONE

1238. Ex minus accurata annorum supputatione duo, prae caeteris, errores irrepserant in Kalendario Juliano; quorum alter erat *anticipatio aequinoctiorum*, alter vero *antecessio noviluniorum*. Ad aequinoctiorum anticipationem quod attinet, ortum illa ducebat ex eo, quod tempus anno Solari a Julio Caesare tributum fuerit nimium; nam Sol suum cursum in Ecliptica (1100) absolvit diebus 365, horis 5, minutis 49′, minime vero diebus 365, horis 6, ut statuit Julius Caesar. Consequebatur inde, Solem 11′ citius cursum redintegrare, quam incipiebat annus Julianus; adeoque hoc intervallo in singulis annis aequinoctia versus anni principium regredi. Si namque Sol in quodam anno, vigesimo Martii die aequinoctium meridie obveniat,

proximo anno undecim minutis ante meridiem ad aequinoctialem circulum perveniet, et anno sequenti viginti duobus minutis ante meridiem eumdem circulum attinget, atque ita singulis annis Sol motu suo undecim minutis annum civilem antevertendo, in annis 131 integro die annum Julianum anticipabit; est enim $\frac{11 \times 131}{60} = 24^h$. Ita aequinoctium coeleste non in eodem semper anni civilis die haerebat, sed sensim versus initium anni ferebatur regressu tam manifesto, ut in dubium vocari non posset. Hinc quum tempore Concilii Nicaeni (quod anno Christi 325 celebratum fuit), quando terminus celebrandi Paschatis institutus fuit, aequinoctium vernale haereret in 21 Martii die; hoc jugiter retrolabendo, tandem anno 1582 deprehensum est, ad undecimum Martii diem per integros dies decem festinasse.

1239. Huic incommodo consulturus Gregorius XIII Pontifex Maximus, quo aequinoctia ad pristinam sedem restitueret, ex cujusdam Aloysii Lilio Medici Calabri consilio (qui Summo Pontifici dicavit Opus, cui titulus erat: *Compendium novae rationis instituendi Kalendarium*), jussit dies decem adimi Mensi Octobri anno 1582; iis namque ablatis, aequinoctium anni 1583, quod in diem Martii 11m. concurrisset, proferebatur rursus in diem 21m. (1). Ne autem deinceps simili modo sublaberentur anni cardines, cavit *ut centesimus quisque aerae Christianae annus*, qui juxta Kalendarium Julianum bissextilis esse debebat, *communis esset; at quartus quisque centesimus bissextilis maneret*. Annorum scilicet 400 intervallo antegrediebantur aequinoctia diebus 3; hi dies itaque pensandi erant tribus annis bissextis, quorum intercalatio praeteriretur sub finem trium quorumcumque saeculorum, fieret vero in fine quarti saeculi. Ita decretum fuit, annos 1700, 1800, 1900 esse annos communes; annum vero 2000 esse bissextilem; ut quemadmodum in Kalendario Juliano quartus quisque annus est bissextilis, ita pariter in Kalendario Juliano quartum quodque saeculum sit bissextile. Generatim haec haberi potest regula: « in Kalendario Grego-« riano anni saeculares bissextiles sunt illi, ex quibus demptis duo-« bus zeris, numerus illos designans per 4 exacte dividi potest »: nam ex 1700, 1800, 1900, 2000 demptis duobus zeris, solus numerus 20 exacte per 4 dividitur.

1240. Gregorianam correctionem Itali, Galli, Hispani, Germani, regionesque omnes Catholicae, quae Pontificis Romani auctoritatem agnoscunt, statim admiserunt. Protestantes Germaniae ab anno

(1) Statutum erat, primam decadem mensis Octobris adimi debere: at quum Fratres Ordinis nostri apud R. Pontificem institissent, ne Festum S. P. N. Francisci illo anno supprimeretur, adempti fuerunt dies decem post diem 4) Octobris, ita ut illo anno dies 5 Octobris computata fuerit pro die 15.

1700 illam receperunt, ne styli diversitas commercium amplius turbaret. Angli Juliani anni forma usi sunt usque ad annum 1752, quo anno, Gregorianae correctionis commoditatem agnoscentes, communi totius Europae usui se conformarunt. Excipiuntur nunc dumtaxat Russi, qui veterem Julianam anni formam retinent, adeoque numerant 12 dies minus, quam aliae gentes, scilicet dies 10 qui anno 1582 dempti fuerunt, aliosque duos dies, quibus ex eadem correctione imminuti fuere anni saeculares 1700, 1800, quosque Russi ut bissextiles, nos vero ut communes accepimus; adeo ut ipsis dies 21 Martii, ex.gr., dicatur dies 9 Martii. Inde fit ut quicumque apud eos ad alias gentes epistolas mittunt, pro vitanda confusione die mmensis hoc modo designant, scilicet $\frac{9}{21}$ Martii; id quod significat illum diem *ex veteri stylo* Juliano esse 9m. Martii, ex *novo stylo* gregoriano esse 21.m Martii.

1241. Alterum Kalendarii Iuliani vitium in hoc situm erat, quod ex falsa per cyclum Methonicum supputatione novilunia post annos 19 una hora cum dimidia citius accidebant, adeoque annorum 312 $\frac{1}{2}$ spatio contingebant uno die citius, quam Metho constituerat. Anno Christi 1582 propterea, quum quater recurrisset numerus 312 $\frac{1}{2}$, a tempore Concilii Nicaeni incipiendo, autevertcrant novilunia tempus definitum diebus quatuor, ita ut Luna quae a Kalendario Luna 1.a nuncupabatur, esset reipsa Luna 4.a. Ut huic noviluniorum processui mederetur, numeri aurei e suo loco removeri poterant; at quia id non modo confusionem attulisset, verum etiam iidem numeri ad Kalendarium perpetuum efficiendum minime inservire potuissent, noster Aloysius Lilius, Gregorio XIII methodum *Epactarum* proposuit, quarum ope Kalendarium perpetuum confici posset, quod novilunia pro singulis cujusque anni diebus indicaret. Differt itaque Kalendarium Gregorianum a Iuliano tum anni forma, tum quod in locum numerorum aureorum substitutae sunt Epactae, de quarum dispositione et usu nunc loquendum.

ARTICULUS SECUNDUS

DE EPACTIS

1242. *Epacta* a graeco vocabulo επαγω, *adjicio*, *additionem* significat, nihilque aliud est, nisi numerus 11 dierum, quibus annus lunaris communis dierum 354 minor est anno solari communi dierum 365. Si, ex. gr., ponamus novilunium hoc anno accidisse 1.a Ianuarii die; quum mensis lunaris sit 29 dierum et 12 horarum

circiter, menses autem solares ex alternis diebus 30 et 31 constent (1213); ultimo anni mense novilunia diebus 11 anni sequentis initium antecedent. Novilunium itaque sequenti anno continget 11 diebus prius, quam anno praesenti. Sequenti vero anno quum rursus annus solaris lunarem superet diebus 11, hi additi ad 11 dies currentis anni efficiunt 22; adeoque sub fiuem secundi anni novilunia contingent 22 diebus prius, quam primo anno: hinc Epacta anni secundi est 22. Ita pariter tertio anno, si iterum dies 11 ad 22 adjiciatur, efficitur numerus 33, a quo rejectis 30 diebus qui *mensem embolismaeum* conficiunt, Epacta tertii anni erit 3, et sic deinceps: nam omnes epactae progrediuntur per continuum augmentum 11 dierum, rejectis tamen 30 quando rejici possunt. Animadvertendum tamen est, quod quum hac progressione perventum fuerit ad ultimam epactam anno 19 respondentem, quae est XXIX, adduntur 12 dies, ut rejectis 30 ex numero 41 qui inde oritur, anno 20 habeatur iterum epacta XI, ut in principio. Quare cyclus epactarum civilium, seu 11 dierum, cum cyclo lunari expirat, et cum eodem rursus incipit. Adduntur autem ultimo cycli anno dies 12 loco 11 dierum, quia ultima lunatio embolismica cycli lunaris est tantum 29 dierum (1229). Epactae ante Kalendarii emendationem Gregorianam respondebant aureis numeris sequenti modo:

Aureus										
Numerus.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Epactae.	XI.	XXII.	III.	XIV.	XXV.	VI.	XVII.	XXVIII.	IX.	XX.
A. N.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	
Ep. ·	I.	XII.	XXIII.	IV.	XV.	XXVI.	VII.	XVIII.	XXIX.	

1243. Quum autem cyclus lunaris sit imperfectus, ut adeo novilunia post 19 annos solares non redeant praecise ad eosdem mensium dies et horas, sed uno die antecedant post $312\frac{1}{2}$ annos (1233); ita emendatus est, ut loco aurei numeri et ejusmodi 19 epactarum utamur numeris epactas designantibus qui ab 1 usque ad 30 ordiue progrediuntur, quamvis ultima epacta, quae ordine est 30, notetur signo *, quum nulla epacta esse possit 30. Numeri vero epactas designantes hoc ordine in Tabulis distribuuntur; primo sane Ianuarii diei epacta *, seu 30 adjicitur, secundo XXIX, tertio XXVII, et ita porro, ut diei mensis 30 respondeat epacta 1. Diei Ianuarii ultimo, qui 31 est, adscribitur iterum epacta *, primo Februarii XXIX, secundo XXVIII, et sic deinceps; eademque epactarum regredientium series usurpatur per menses alios. Quo perspectior harum usus fiat, adeundae sunt Tabulae Kalendarii Gre-

goriani apud Wolf. El. Chronol. n. 292, apud Rivard, Mandoj, alliosque.

1244. Ratio, ob quam ad primum Ianuarii diem pro epacta 30 adhibetur nota * , quae 0 aequivalet, haec est. Fieri aliquando potest, ut mense Decembri anni superioris duo accidant novilunia; primo enim die mensis illius primum novilunium contingere potest, alterum postremo die. Profecto quum inter primum Decembris diem, et trigesimum primum dies 30 excurrant, peragitur integra lunatio, ut nulla supersit epacta; quocirca ne desit epactarum munus, quo dies reliqui ab anno superiore enuntiantur, ad Ianuarii initium ponitur signum *, seu numerus nullus. Numeri autem epactarum inscribuntur mensibus ordine inverso, quia quum epactarum officium sit commonstrandi diem, quo novilunia contingunt, satisfacere nullatenus ei possunt, nisi numeri quibus designantur, incedant gressu retrogrado. Diei scilicet Ianuarii secundo adjicitur epacta XXIX, tertio XXVIII, quarto XXVII, etc.; si enim tertio die Decembris jam transacti novilunium contingerit, remanent dies Lunae 29. His ubi primus Ianuarii dies adjungatur, lunatio efficitur dierum 30, diei secundo Ianuarii igitur in quem cadit novilunium, adscribenda est epacta XXIX. Si a secundo Ianuarii die ad 31 procedatur, alia complebitur lunatio dierum 30; idcirco diei primo Februarii, cui novilunium debetur, necesse est ut adjaceat epacta XXIX; atque ita porro. In eadem denique tabula aliquando duae epactae unico diei conceduntur; mensibus scilicet Februarii, Aprilis Iunii, Augusti, Septembris et Novembris affiguntur epactae XXV, et XXIV, ex eo quod quum sint alterne cavi et pleni, oportet ut lunationes interdum die aliquo multentur: ne tamen duo novilunia ab epactis indicata in unicum diem conferantur, extant loco superiore numeri 25 et XXVI; ubi enim in eodem cyclo epactae XXV et XXVI occurrunt, pro XXV sumitur numerus 25; neque formidandum est convenire adhuc posse duo novilunia ab epactis 25 et XXVI designata; dum enim habentur duae epactae XXV et XXIV, fieri non potest ut a cyclo admittantur aliae XXV et XXVI; idque luculenter a tabulis epactarum constat, quae apud Wolfium, Mandoi, Rivard, aliosque inveniuntur. Plura equidem alia de hac re essent exponenda, sed abstinemus, ne ultra propositos limites praetergrediamur.

1245. Epacta cujuscumque anni propositi facile inveniri potest hoc modo. Si de annis Iulianis loquatur, de annis scilicet qui Gregorianam correctionem anno 1582 peractam praecesserunt, tenenda est haec regula. «Quaeratur aureus numerus dati anni (1132) et « multiplicetur per 11; productum dividatur per 30; residuus, quo« tiente omisso, erit epacta anni propositi. Si autem divisio per 30 « fieri nequeat, eo quod productum sit minus numero 30, produ-

« ctum ipsum erit epacta quaesita.—Si vero quaeratur epacta ali-
« cujus ex annis Gregorianam correctionem subsequentibus, ex dicto
« residuo seu ex epacta veteri subtrahantur 10, si de annis agatur qui
« a dicta correctione usque ad annum 1699 transierunt: subtrahan-
« tur 11, si agatur de annis a 1700 usque ad 1899; subtrahantur 12
« ab anno 1900 usque ad 2199, et sic deinceps. Quod si vetus epacta
« sit minor numero ex ipsa subtrahendo, epactae eidem addantur
« 30; deinde ex hac summa fiat subtractio. Hujus subtractionis re-
« siduum erit epacta; quod si nullum habeatur residuum, epacta
« erit * ». Ex. gr., si quaeratur epacta anni 1550, quum aureus numerus ejusdem anni sit 7 (1232); hic ductus in 11 producit 77; quod productum si per 30 dividatur, residuum 17 indicabit illius anni epactam. Similiter quaeratur epacta anni 1578. Aureus numerus hujus anni est 2, qui ductus in 11 dat 22; quumque hic numerus sit minor 30, ipsemet 22 erit epacta illius anni—At si epacta quaeratur currentis anni 1852, aureum ipsius numerum 10 duc in 11; productum 110 divide per 30; divisionis hujus residuum 20 erit epacta vetus; scilicet haec fuisset epacta currentis anni 1852, nisi Gregoriana correctio effecta fuisset: nunc autem ex veteri illa epacta 20 subtrahendus est numerus 11; quumque, facta hac subtractione, remaneant 9, haec erit epacta anni 1852.

1246. Sed quin ad aureum numerum confugiatur, praestat hic aliam tradere methodum epactae inveniendae, si de annis Gregorianam correctionem sequentibus agatur. Anni elapsi a 1700 usque ad annum quaesitum inclusive ducantur per 11; producto addatur 9, et totidem unitates, quoties numerus aureus 1 rediit ab anno 1700 usque ad annum propositum; haec summa dividatur per 30, residuum erit epacta: quod si residuum fuerit nullum, epacta erit *. Quaeratur, ex.gr., epacta anni 1852; ductis 152 per 11, productum erit 1672; huic producto adde 9 et insuper 8 = 17 (nam numerus aureus 1 octies rediit ab anno 1700 usque ad annum 1852(1)); deinde summam 1689 divide per 30; residuum 9 innuit epactam anni 1852 esse IX. Hujus operationis ratio facile patet ex superius dictis. Numerus 11 per annos a 1700 elapsos multiplicatur, quia quilibet annus sequens addit 11 dies ad epactam anni praecedentis; producto additur 9, quia fingitur epactam primi anni post

(1) Numerus aureus 1 rediit annis 1710
1729
1748
1767
1786
1805
1824
1843; hinc numerus aureus anni 1852 est X.

1700 fuisse 11, adeoque epactam annorum insequentium obtineri ex continua additione numeri 11 ad epactam anni praecedentis; quum autem epacta anni 1701 reipsa fuisset XX, adeoque 9 unitatibus numerum 11 excederet, oportet ut hic excessus 9 unitatum addatur producto multiplicationis numeri 11 per numerum annorum, qui ab anno 1700 usque ad annum quaesitum elapsi sunt. Denique adduntur totidem unitates, quoties numerus aureus 1 rediit ab anno 1700 usque ad annum propositum, quia in annis ejusmodi dies 12 adduntur loco 11 dierum (1245). Hac methodo uti possumus usque ad annum 1900: inde enim usque ad annum 2200 novilunium tardius uno die quam antea continget (1241); adeoque epacta intra illud intervallum unitate minuenda erit. Sed facilius epacta cujuscumque anni omnium saeculorum, quae Gregorianam correctionem vel praecesserunt vel sequuntur, inveniri poterit per *Tabulam expansam*, ut vocant, *epactarum*, quam consulas, si volupe est, apud Wolfium n. 306. apud Rivard n. 96, et apud Mandoj.

1247. Cognita autem epacta, facile *aetatem Lunae* in singulis anni diebus invenire possumus. Nam 1° « Si quaeratur aetas Lunae in « quolibet die mensium, qui Martium sequuntur, in unam summam « colligantur 1° epacta, 2.° dies mensis propositi a primo inclusive « usque ad illum etiam inclusive, in quo aetas Lunae quaeritur: « 3° denique totidem unitates, quot menses a Martio exclusive usque « ad mensem propositum elapsi sunt: summa horum trium nume- « rorum si numerum 30 non excedit, Lunae aetatem denotabit, si « vero hunc numerum excedit, subtrahatur 30, et residuum aeta- « tem Lunae designabit ». Ex. gr. quaeratur quam aetatem habet Luna die 3 Decembris currentis anni 1852. Quum epacta anni hujus sit IX; addo hunc numerum ad 3, qui dies mensis Decembris indicant, et habeo 12; huic summae addo 9, qui est numerus mensium a Martio usque ad Decembrem elapsorum, et obtineo 21; hic numerus Lunae aetatem die 3 Decembris designat. Si quaeratur aetas Lunae die 15 ejusdem mensis, efficio $9 + 15 + 9 = 33$; deinde efficio $33 - 30 = 3$, haec est aetas Lunae die 15 Decembris.

1248. 2.° Si vero quaeratur aetas Lunae *in aliquo die mensis Martii* « colligantur in unam summam tantum epacta, et dies mensis propositus ». Si quaeratur, ex. gr., aetas Lunae in die 10 mensis Martii currentis anni 1852, fiet $9 + 10 = 19$; haec erit aetas Lunae in die illo. Quum enim epacta cujusvis anni aetatem Lunae in fine anni praecedentis designet (1242); quumque duo menses Ianuarii et Februarii simul sumpti duas integras lunationes absolvant (1243); sequitur, ultimo Februarii die aetatem Lunae esse pariter 9, ut in anni principio: hinc die 10 Martii aetas ejusdem erit 19. In annis vero bissextilibus huic summae addendus est etiam 1. Quocirca vera aetas Lunae die 10 Martii hujus anni fuit 20.

3.° Si denique aetas Lunae in aliquo die mensis Ianuarii vel Februarii quaeratur, dum de mense Ianuarii agitur, adduntur tantum epacta et dies mensis; dum vero agitur de mense Februarii, huic summae additur etiam 1. Sic, ex. gr., aetas Lunae die 10 Ianuarii currentis anni 1852 fuit $10 + 9 = 19$; die 10 Februarii fuit $10 + 9 + 1 = 20$.

1249. Cognita vero Lunae aetate in singulis anni diebus, cognosci etiam poterit tempus, quo ipsa oritur, vel occidit, nec non quot horarum intervallo noctem illuminet. Quum enim Luna quolibet die 49′ tardius ad meridianum appellat, ita ut ex ea ratione si in novilunio simulcum Sole occidat, in plenilunio ipsa oriatur quando Sol occidit (1162); cognita Lunae aetate in aliquo die, si numerus dierum Lunae per 49′ ducatur, et productum dividatur per 60′, quotus horam noctis indigitabit, qua Luna oritur, vel occidit; residuum autem minuta prima ejusdem horae designabit. Ponamus die aliquo Lunae aetatem esse = 10; si faciamus $\frac{10 \times 49'}{60'} = 8^h + 10'$, hic quotus 8^h cum residuo 10′ indigitabit ea nocte Lunam occidere hora 8, 10′, adeoque ortam fuisse hora circiter quarta ante Solis occasum. Hic autem notandum venit, finem diei incidere in horas italicas $23\frac{1}{2}$, ubi horae computentur horologii solaris ope; at si computentur ope horologii pendulo vel elaterio instructi, Lunae ortus jam inventus dimidia hora anticipari debet.

1250. *Litterae Martyrologii* — In Martyrologio Romano, cujus lectio fit quotidie in Choro *ad Primam* ante versiculum *Pretiosa*, aetas Lunae in singulis anni diebus indicari solet litteris alphabeti, quibus singulis aetas Lunae diei sequentis affigitur. Littera pro quolibet anno dato eruitur ab epacta ejusdem anni; nam ab epacta I ad XIX inclusive adhibentur litterae minusculae *a*, *b*, *c*, *d*, ... usque ad *u*, excepta littera *o*, quia haec facile pro zero accipi posset. Ab epacta XX usque ad ultimam * adhibentur litterae majusculae A, B, C, D. . . P, exceptis litteris I, K, L, O, quia K facile sumi posset pro littera minuscula k, reliquae cum numeris romanis unum, quinquaginta, et zero exprimentibus confundi pos-

sent. In subiecta tabula signatas invenies epactas et martyrologii litteras sibi respondentes.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
l	m	n	p	q	r	s	t	u	A
XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
B	C	D	E	F *F*	G	H	M	N	P
XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV 25	XXVI	XXVII	XXVIII	XXIX	*

Ultima epacta, cui littera P respondet, asterisco * signatur, ut novilunium indicetur.

SEQUENS TABULA MARTYROLOGII LITTERAS AUREIS NUMERIS ET EPACTIS AB ANNO 1700 USQUE AD 1900 RESPONDENTES EXHIBET.

Aurei numeri	10	11	12	13	14	15	16
Epactae	IX	XX	I	XII	XXIII	IV	XV
Lit. Mart.	i	A	a	m	D	d	q
Aur. num.	17	18	19	1	2	3	4
Epactae	XXVI	VII	XVIII	*	XI	XXII	III
Lit. Mart.	G	g	t	P	*l*	C	c
Aur. num.	5	6	7	8	9		
Epactae	XIV	XXV	VI	XVII	XXVIII		
Lit. Mart.	p	F	f	s	M		

Notandum 1.° eo anno, in quo aureus numerus est 1, Lunae aetatem, incipiendo a primo Ianuarii die usque ad lunationis terminum, enunciari debere uno die minus numero signato sub littera, quae eodem anno oblinet; excepta tantum littera P, in hoc enim casu nulla mutatio fit. Notadum 2°. in priori tabula litteram F bis signari, eique bis epactam XXV subsignari, ita tamen, ut priori litterae F (quae in Martyrologio est rubra ut reliquae) respondeat epacta 25 in num. arabicis. Id autem significat, eo anno quo numerus aureus 11 excedit, et in litteras F*F* incidit, sumi debere epactam 25 litterae *F* nigrae respondentem; si vero aureus numerus 11 non excedit, sumi debere epactam XXV litterae F rubrae respondentem.

1251. Sed praecipuus ejusmodi epactarum usus in eo consistit, ut inveniatur dies in quo *Festum Paschae*, a quo reliqua Festa mobilia pendent, celebrandum sit. Hac super re sciendum est, apud Iudaeos Festum Paschae a Deo ipso ita fuisse institutum, ut celebrari deberet *mense primo, decimaquarta die mensis, ad vesperam* (1). Annus antem Iudaeorum quum esset lunaris, ut quidam opinantur, et mensibus embolismicis temperatus, is mensis apud eos diceba-tur *primus*, cuius Luna XIV^a, id est plenilunium, vel incideret in diem aequinoctii verni, quod die 21 Martii contingit, vel propius ipsum sequeretur. Ecclesia Christiana, in celebrando *Paschalis Festo* pro commemoratione Resurrectionis D.N. Iesu Christi, eamdem fere regulam observare voluit; vetuit tamen in Concilio Nicaeno ne Pascha in ipsa decimaquarta die celebraretur, sed die Dominica proxime insequenti, eo quod Dominus Iesus Christus die Dominica post Pascha Iudaeorum a mortuis resurrexit. Hinc si novilunium incipit 8vo die Martii, vel diebus sequentibus, plenilunium incideret die 21, vel diebus sequentibus: adeoque proximo die Dominico Pascha celebrari deberet. Quod si forte dies Lunae XIV in ipsum diem Dominicum caderet, tunc Pascha celebrari deberet Dominica sequenti, ne cum Iudaeis conveniamus, qui Pascha celebrant ipsa die XIV Lunae. Si e contrario novilunium in diem 7 Martii, vel aliquot diebus antea incideret; eo tempore expectandum esset aliud plenilunium, ut Pascha celebrari possit. His positis, en methodum, cujus ope dies Paschae dati cujuscumque anni invenitur. « Inveniatur 1.° Epacta, et littera dominicalis dati anni; 2.° notetur dies, cui post 7 Martii diem in Kalendario respondet epacta; hic enim dies erit novilunium paschale; 3.° ab hoc novilunio numerentur dies 14, hic dies XIV erit plenilunium paschale; 4.° observetur cui diei post plenilunium conveniat littera dominicalis; in hanc diem incidet Pascha».

Ex. gr., si quaeratur Pascha anni 1853, inveniemus 1.° Epactam

(1) Levit. C. 12. v.

ejusdem anni esse XX ; litteram dominicalem vero B: 2.° dies, cui in Kalendario post 7 Martii respondet Epacta XX, est ipse dies 7 mensis ; hic dies igitur est novilunium Paschae: 3.° numero dies 14 a die 10, et obtineo 24; die igitur 24 Martii accidit plenilunium: 4.° quumque littera Dominicalis sit B, et in Kalendario haec littera diei 27 Martii respondeat, concludo, Pascha anno proxime futuro 1853 in diem 27 Martii incidere debere.

1252. Ex dictis (1251) fluit, *Pascha neque ante diem 22 Martii, neque post diem 25 Aprilis incidere posse*. Ut enim, ex Patrum Nicaenorum mente, *plenilunium* esse et dici possit *paschale*, incidere debet vel in ipso die vernalis aequinoctii, nempe die 21 Martii, vel diebus immediate sequentibus : atqui Pascha celebrari non potest, nisi post plenilunium Paschale, quod ante diem 21 incidere nequit; et fieri potest, ut haec dies Sabbato eveniat; in hoc casu igitur Pascha celebrabitur sequenti die Dominico, nempe die 22 Martii. Ergo patet prima pars corollarii (1). Secunda etiam liquet. Si enim novilunium in diem 7 Martii incidat, plenilunium incidet die 20, adeoque non erit *paschale* : tunc autem sequens novilunium expectandum est, quod die 5.ª Aprilis evenit; adeoque plenilunium paschale erit die 18 Aprilis ; quumque haec dies possit esse dies Dominicus, Pascha in hoc casu celebranda erit Dominica sequenti, nempe die 25 Aprilis, id quod accidet anno 1886.

1253. Festa mobilia omnia a Paschate pendent. Et quidem si numerentur sex hebdomadae ante Pascha, nempe dies 42, excepto ipso Paschatis die, dies 42.ª erit 1ª. *Dominica Quadragesimae*; dies Mercurii, qui hanc Dominicam praecedit, erit *Dies Cinerum*; Dominica, quae hunc diem praecedit, erit *Dominica Quinquagesimae* ; alia Dominica praecedens erit *Dominica Sexagesimae*; denique Dominica hanc antecedens erit *Septuagesimae* (2). Festa autem post Pascha sic ordinantur. Dies Iovis, qui sequitur 5m. Dominicam post Pascha erit *Festum Ascensionis* D. N. I. C.; septima Dominica post Pascha erit Festum *Pentecostes*: octava erit Festum *SS. Trinitatis*: dies Iovis immediate sequens erit Festum *Corporis Christi*. Sequuntur XXIV Dominicae post Pentecosten usque ad Adventum. Prima Dominica *Adventus*, quae est quarta Dominica ante Nativitatem, celebratur die Dominico, qui propinquior est Festo S. Andreae Apostoli, nempe a die 27 Novembris inclusive usque ad diem 3 Decembris

(1) Id reipsa accidit anno 1818.

(2) Voces illae *Septuagesima*, *Sexagesima*, etc. originem trahunt non a *septuaginta*, *sexaginta* diebus ante Pascha, verum a *septem*, *sex*, *quinque* Dominicis ante Dominicam Passionis. Quum enim a Dominica Passionis incipiat commemoratio Mysteriorum, quae ad Pascha Resurrectionis Fideles disponunt, Ecclesia consuevit in Dominica Passionis stabilire terminum, a quo Dominicae praecedentes computari debent.

inclusive. *Quatuor anni tempora* sic ordinantur. *Quatember vernum* diebus Mercurii, Veneris, et Saturni *post primam Dominicam Quadragesimae* (post Cineres); *quatember aestivum* iisdem diebus *infra octavam Pentecostes* (post Ignem) ; *quatember autumnale* iisdem diebus *post Festum Exaltationis S. Crucis* (post Crucem); *quatember hibernum* iisdem diebus *post S. Luciam* (post Lucem).

1254. Ad majorem commoditatem bic subjicimus faciliorem methodum collocandi Festa mobilia in propriis locis. Ubi Pascha incidit in diem 31 Martii,

Septuagesima incidit in diem 27 Ianuarii (in diem 28, si annus fuerit bissextilis) ,
Dies Cinerum incidit in diem 13 Februarii (in diem 14 in anno bissextili) ,
Dominica Passionis erit die 17 Martii,
Dominica Palmarum die 24 Martii,
Ascensio D. N. I. C. die 9 Maji,
Pentecostes die 19 Maji,
Festum SS. Trinitatis die 26 Maji,
Festum Corporis Christi die 30 Maji.

Hinc si Pascha alicujus anni in mensem Aprilis inciderit, numerus hunc diem exprimens addendus est singulis his numeris; si vero Pascha inciderit in mensem Martii , numerus dierum , qui 31 Martii praecedunt, ab iisdem numeris auferendus est. Ex.gr., quum Pascha anno 1855 incidat die 8 Aprilis; numerum 8 addendo omnibus numeris superius positis, obtinebimus Septuagesimam die 35 Ianuarii, seu 4 Februarii: diem Cinerum die 21 Februarii; Ascensionem die 17 Maji ; Pentecosten die 27 Maji , etc. Anno 1856 Pascha erit die 23 Martii, seu septem diebus ante diem 31 Martii; auferendo septem dies, invenietur Septuagesima die 20 Ianuarii , dies Cinerum die 6 Februarii, Ascensio die 1 Maji , Pentecostes die 10 Maji, etc. Dominicae Adventus, et Quatuor anni tempora facilius determinantur ex regulis superius traditis.

1255. Ex iis omnibus, quae diximus, facile apparet , Kalendarii constructionem nihil difficultatis habere. Ad id obtinendum, 1°. quaeritur littera dominicalis (1228), et ejus ope omnes anni dies in hebdomadas distribuuntur ; 2.° supputatur Pascha (1251) , et a die Paschatis ante et retro Festa mobilia ordinantur (1253); hinc 3.° Festa immobilia cum nominibus Sanctorum et Beatorum, quae singulis mensibus propria sunt , inscribuntur ; 4.° singulis diebus adscribuntur loca Solis et Lunae una cum ortu et occasu utriusque Luminaris, et longitudine diei atque noctis, itemque crepusculorum, nec non Planetarum adspectus; 5.° notantur suis in locis Lunae phases primariae, ingressus Solis in puncta cardinalia, una cum ortu et occasu Planetarum , Fixarumque insignium, et alia ejusmodi. En confectum Kalendarium.

1256. Antequam dicendi finem faciamus, silentio praetereundum non est, ex quorumdam Auctorum mente plurima adhuc desiderari, ut inter annum civilem et ecclesiasticum perfecta instituatur concordia. Quamvis enim, ajunt hi, Romani Pontifices vigilantissimi (inter quos eminet Gregorius XIII) suum studium omni tempore contulerint, ut annus ecclesiasticus et civilis amice semper inter se conspirarent, nondum tamen perfectissima in hac re concordia, quam illi intendebant, consequi potuit. Et re quidem vera, dies Dominicae nulli mensis diei fixae, et Sanctorum ac B. Mariae Virginis Festa statutis mensis diebus assignata, sed per omnes hebdomadarum dies in singulis annis excurrentia, quemdam motum ac fluctuationem continuam producunt, unde evenit ut plurimi Christifideles aliquando ob dierum festorum ac ferialium ignorantiam Ecclesiae praecepta transgrediantur, et in ordinandis sacris ritibus ad festorum celebrationem spectantibus saepe, ob duorum festorum inaequalis dignitatis concurrentiam, contingit quaedam festa minora, et aliquando etiam solemniora a sua sede removeri, et alteri diei celebranda assignari.

Ut huic incommodo, aliisque quamplurimis inde manantibus nullo negotio occurratur, Librum anno 1835 Romae edidit Abbas Marcus Mastrofini, cui titulum indidit: *Amplissimi frutti da raccogliersi ancora sul Calendario Gregoriano perpetuo.* Nostri Instituti non est singulos vel raptim referre fructus, quos hic Auctor adhuc colligi posse demonstrat in Kalendarii emendatione perficienda. Sufficiat hic exempli caussa unicum indicare remedium ab eo propositum, quo dies Festos omnes sive mobiles sive immobiles ad certas sedes tum mensis, tum hebdomadae immobiliter consistere posse docet. Id obtinetur efficiendo *ut annus a die Dominico incipiat; et dies ille, qui 52 hebdomadis, ex quibus annus conflatur, est superstes* (quique efficit ut omnes hebdomadae dies in singulis annis uno die semper regrediantur; adeoque omnes Dominicae per singulos mensium dies excurrant, et in perpetuo motu inveniautur) *fixus et immobilis reddatur;* scilicet ut quin spectetur ad ultimam anni hebdomadam pertinere, potius vocetur, uti reipsa est, *ultimus anni* et *mensis Decembris dies,* vel *anni limes.* Ita enim fiet, ut hoc die transacto, quemadmodum ultima anni hebdomada iu die Sabbati desinet, ita novi anni prima hebdomada a die Dominica semper incipiat, omnesque mensium et anni Dominicae in iisdem semper diebus constanti lege recurrant; idest cujusque mensis et anni Dominicae fixae erunt et immobiles, ac suis diebus assignatae; ex. gr., dies 1, 8, 16,22, 28 mensis Ianuarii in perpetuum eruut dies Dominici, et sic de reliquis diebus. In annis vero bissextilibus, quemadmodum dies intercalaris additur post diem 24 Februarii, addi posset ad diem ultimum anni, efficiendo ut ne hic quidem computetur inter hebdomadae dies; tunc autem duo dies successivi, ultimus nempe anni, et dies inter-

calaris, in hebdomadae ordine non computarentur. Hoc simplici remedio adhibito, omnes anni semper a die Dominico inciperent, omnesque hebdomadarum dies statis mensis diebus in perpetuum responderent. Tunc vero omnes, etiam ex vulgo ignaro, certo scirent quinam in toto anno sint dies festi, quinam feriales: Festivitates Sanctorum et B. Mariae Virginis non amplius cum Festis Domini, vel cum Dominicis majoribus concurrerent, ut saepe evenit: omnes de translatione Festorum rubricae tam Breviario, quam Missali praefixae inutiles evaderent: Pascha in hac dierum dispositione non in alios dies incideret semper, quam in diem 26 Martii, 2, 9, 16, 23 Aprilis; hae namque Dominicae tantum post aequinoctium vernum haberentur: omnes dies Festi a Paschate pendentes certis suis sedibus fixi semper remanerent. Hinc, quin novum Kalendarium ecclesiasticum singulis annis conficiatur, quinque tantum Kalendaria, prout quinque tantum sunt dies in quos Pascha incidere posset, in perpetuum sufficerent — Mittimus caetera commoda, quae ex hac anni dispositione procedere demonstrat Auctor jam memoratus, quaeque in ejus Libro legi possunt: de iis omnibus enim videant illi, ad quos spectat.

FINIS.



FR. VENANTIUS A COELANO

ORDINIS MINORUM STRICTIORIS OBSERVANTIAE

S. P. N. FRANCISCI

S. THEOLOGIAE LECTOR EMERITUS, EX-MINISTER PROVINCIALIS PROVINCIAE S. BERNARDINI IN APRUTIO, EX-SECRETARIUS GENERALIS ORDINIS, EX-PROCURATOR GENERALIS REFORMATORUM, IN REGALI MATRITENSI CONGRESSU PRO IMMACULATA VIRGINIS CONCEPTIONE THEOLOGUS, SACRAE CONGREGATIONIS EPISCOPORUM ET REGULARIUM PRAEPOSITAE CONSULTOR, TOTIUS ORDINIS MINORUM MINISTER GENERALIS COMMISSARIUS, VISITATOR, ET REFORMATOR APOSTOLICUS, HUMILISQUE IN DOMINO SERVUS.

DECRETUM.

Cum juxta Apostolicas Nostri Ordinis Constitutiones de mandato nostro idonei Censores Opus quoddam elucubratum ab admodum Rev.do P. F. Aloysio ab Aviliano, cui titulus est — *Physicae Institutiones ad usum Scholarum totius Ordinis Fratrum Minorum elucubratae ab A. R. P. Aloysio ab Aviliano ejusdem Ordinis Provinciae Strictioris Observantiae in Lucania jam Ministro et Studiorum Praefecto* — recognoverint, illudque ab ipsis revisum et approbatum fuerit, Nos praesentium tenore, ad Salutaris Obedientiae meritum facultatem facimus, quatenus servatis de reliquo servandis idipsum Typis mandari possit et valeat.

Datum Romae ex Conventu Aracaeli die 11 Decembris 1852.

F. VENANTIUS A COELANO
MINISTER GENERALIS.

Loco ✠ Sigilli

De Mandato P. S. Rmae.
F. Zacharias a Viculis Lector
Emlus, et Secret. Generalis.

INDEX

FINIS.

IN SECUNDO TOMO

ERRATA			CORRIGE
pag.	*lin.*		
27	34	positiva	positivi
48	17	unus	usus
66	22	deduci solet	deducere solent
225	28	attitudinem	altitudinem
251	16	tomporis	temporis
532	18	viridem	viride.

CONSIGLIO GENERALE

DI PUBBLICA ISTRUZIONE

Napoli 3 settembre 1851

Vista la domanda del tipografo Raffaele Marotta con che à chiesto porre a stampa l'opera intitolata: Physicae Institutiones, ad usum scholarum totius Ordinis Fratrum Minorum elucubratae ab A. R. P. Aloysio ab Aviliano, ejusdem Ordinis Provinciae strictioris observantiae in Lucania jam Ministro, et studiorum Praefecto.

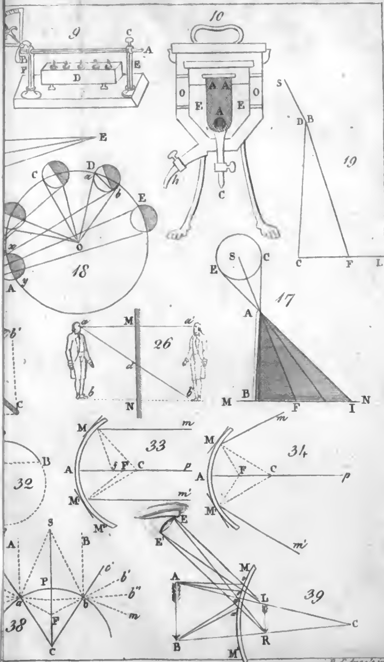
Visto il parere del Regio Revisore signor D. Domenico Presutti.

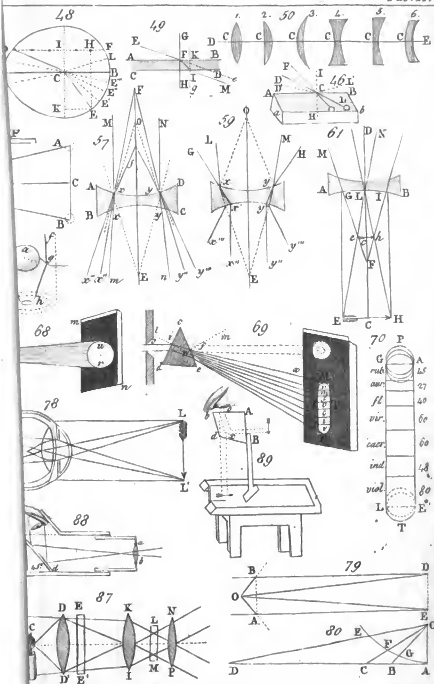
Si permette che la suddetta opera si stampi; però non si pubblichi senza un secondo permesso che non si darà se prima lo stesso Regio Revisore non avrà attestato di aver riconosciuto nel confronto esser l'impressione uniforme all'originale approvato.

Il presidente interino
FRANCESCO-SAVERIO APUZZO
Il segretario interino
GIUSEPPE PIETROCOLA

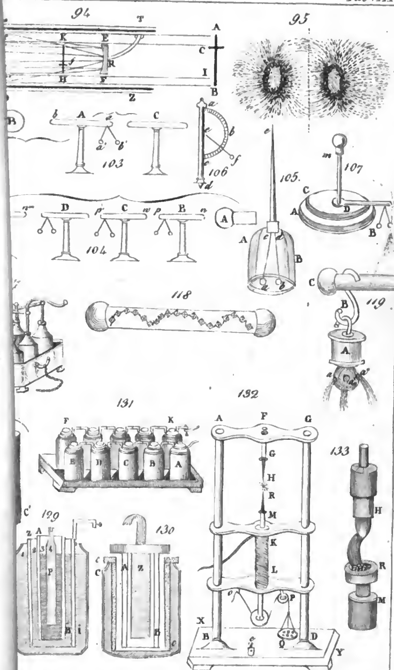
IN PRIMO TOMO

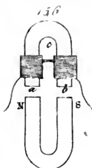
pag.	lin.	ERRATA	CORRIGE
6	3	incaeperam	incperam
13	17	Chimia	Chemia
14	2	penleant	pendeat
22	32	summae	summa
«	42	contenti	contento
23	2	statu	motu
«	39	manus	manu
26	1	2000000	20000000
«	28	quos	quae
33	27	redigantur	redigantur
36	20	Chimici	Chemici
38	33	magneticus	magnetica
40	16	majus	majorem
42	29	in qua	in quae
48	7	*coleritas*	*celeritas*
49	33	eet	et
51	26	extendit	extendi
53	32	numque	nunquam
«	6	$Q = m \times c$	$q = m \times c$
54	37	laminae, partibus	laminae partibus
55	7	verbi	verbis
72	17	duo	duae
74	6	proximiorem	proximius
76	26	loquetur	loquemur
90	12	quantam	quanta
92	24	pucto	puncto
96	31	eam	eum
97	9	quarum	quorum
98	4	brachio	brachii
99	17	qui	quod
105	35	plerumque	plerisque
108	36	haec	hae
122	31	nominantur	nominatur
«	32	puncto	puncti
124	42	qui	quae
125	1	vibratione	vibrationes
142	17	cubos	cubi
156	9	cutus	cujus
«	24	Haec	Hae
164	13	eorumdem	earumdem
167	17	alteruter	alterutrum
169	11	avulsum	avulsam
«	12	instructus remaneat	instructa remaneat
173	43	illita	illiti
190	30	parvi	parvae
191	28	attitudinem	altitudimem
195	12	Celebre	Celebris
203	14	eos	ea
227	34	magitudine	magnitudine
229	32	fluit	fuit
233	27	echo	echum
240	29	continguam	contiguam
260	2	quod	quae
«	3	utuntur	adhibentur.

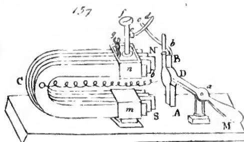

9
10
19
18
17
26
33
34
32
38
39
R. L. Angelo inc.

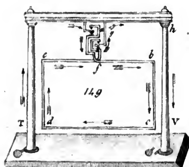


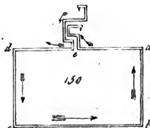
R. d. Angelo inc.

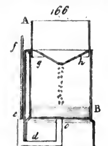

94
95
103
104
105.
106
107
118
119
129
130
131
132
133
Raff. d'Angelo inc.



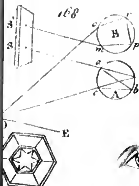


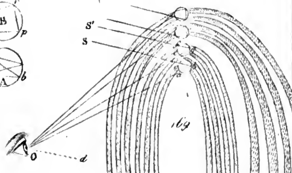




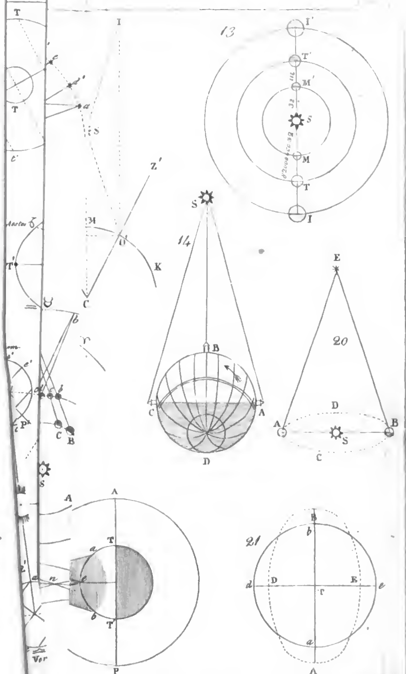








Raff. d'Angelo inc.



13
14
20
21
R. d'Angelo inc.